Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XLVII. Jahrgang. 1934. Drittes Heft.

Metallfärbungen im Schülerpraktikum der höheren Schule.

Von Dr. **Georg Groß** in Berlin.

Die folgenden Ausführungen wollen die Aufmerksamkeit der Schulchemiker auf ein bisher kaum beachtetes Gebiet der angewandten Chemie, auf die chemische Metallfärbung, lenken. Diese Form der Oberflächenbehandlung dient der Verschönerung und Veredelung der Metalloberfläche. In manchen Fällen gewährt sie auch einen gewissen Metallschutz. Der eigentliche Korrosionsschutz bildet aber ein eigenes Arbeitsgebiet mit besonders entwickelten Arbeitsmethoden.

A. Wesen und Zweck der Metallfärbung.

Der Schüler kennt bereits aus eigenen Beobachtungen und Erfahrungen die Oberflächenveränderungen der Metalle und Metallegierungen durch Luftsauerstoff, Luftfeuchtigkeit und Kohlensäure, auch die Wirkungen von Schwefeldioxyd, das durch die Verbrennung schwefelkieshaltiger Kohle in die Atmosphäre gelangt. Er weiß ferner, daß bei der Fäulnis schwefelhaltiger organischer Substanzen Schwefelwasserstoff entsteht. Die Luft und die genannten Bestandteile wandeln die rosarote Farbe des Kupfers in mattes Braun und im Verlauf der Zeit in grüne Patina ab, lassen Zink, Blei und Zinn grau und unansehnlich erscheinen, bringen Eisen zum Rosten u. dgl. m. Bei Temperatursteigerung erfahren solche Oberflächenänderungen häufig noch eine Beschleunigung.

Diese und ähnliche Kenntnisse des Schülers bilden ganz zwanglos die Brücke zum Verständnis für die Oberflächenbehandlung der Metalle und Metallegierungen. Die künstliche Oberflächenveränderung durch Färbung wurde nach dem Vorbilde der Natur entwickelt, um Metallerzeugnissen entweder das Aussehen zu geben, das sie durch die Atmosphärilien ohnehin erhalten würden, oder um eine Verschönerung der ursprünglich wenig vorteilhaften Oberfläche zu erreichen. Dabei muß aber der Metallcharakter gewahrt bleiben. Niemals darf die Oberfläche nach der Färbung etwa „angestrichen“ wirken.

B. Vorbehandlung der Metalloberfläche.

Die Grundbedingung für ein gutes Gelingen der Färbung ist zweckentsprechende Vorbehandlung der Metalloberfläche. Diese Technik kann nicht aus Büchern erlernt werden. Erfahrung darin läßt sich nur durch praktisches Arbeiten erwerben.

1. Mechanische Vorbehandlung. Es handelt sich zunächst um die Beseitigung der Oxydhäute, die alle Gebrauchsmetalle entweder beim Auswalzen oder Liegen an der Luft erhalten. Dies „Dekapieren“ kann im Schullaboratorium mit Schmirgelleinen und Schmirgelpapier abgestufter Korngröße vorgenommen werden.

Zum Feinschleifen oder Vorpolieren sind Stofflappen aus Baumwolle oder Nessel geeignet, die mit einer Paste aus Quarzmehl, Tripel (Kieselgur) oder Kreide zu bestreichen sind.

Das Hochglanzpolieren ist mit Lederlappen unter Verwendung von Fettpoliermitteln feinster Körnung durchzuführen. Zu empfehlen ist „Pariser Rot“, eine Paste aus Fett und Eisen(III)oxyd, sowie Wiener Kalk = gebrannter Dolomit.

Eine Säuberung und Verschönerung der Metalloberfläche läßt sich auch durch Bürsten mit Seifenwurzelabkochung erreichen[1].

2. Chemische Vorbehandlung. Die Entfernung der Walz- und Oxydhäute kann auch auf chemischem Wege durch sogenanntes „Beizen" erfolgen. Dazu finden Säuren und Säuregemische Verwendung. Genietete und geschraubte Teile mit Lötfugen und Poren sind zweckmäßig nicht zu beizen. Als Beize für Eisen, Stahl, Kupfer und alle Kupferlegierungen eignet sich eine Lösung aus 1 Gew.-Teil roher konzentrierter Schwefelsäure und 10 Gew.-Teilen Leitungswasser.

Die Beizdauer richtet sich nach dem Grade der Verzunderung und der Temperatur der Beize. Die Beseitigung der Oxydhäute durch Beizen kann bei weichen Metallen wie Blei, Zinn, Zink, Aluminium unterbleiben.

Wirksamer auf Kupfer- und Kupferlegierungen ist die „Gelbbrenne", die man sich bei Zimmertemperatur ansetzt aus 150 g Salpetersäure ($D = 1{,}38$), 200 g Schwefelsäure (konzentriert), 1 g Kochsalz.

Bei der Umsetzung bildet sich freies Chlor, so daß einige Sekunden Beizzeit genügen. Es ist möglich, der Oberfläche von Kupfer, Kupferlegierungen und anderen Metallen durch Beizen einen bestimmten Glanz zu verleihen. Eine „Glanzbrenne" enthält die Bestandteile der Gelbbrenne, jedoch Chlorwasserstoff anstatt Kochsalz und außerdem Ruß als Katalysator. Die verschiedenen Praktiker variieren die Brenne in Rücksicht auf das vorliegende Material und dessen Herstellungsart. Bewährt hat sich folgende Zusammensetzung: 100 ccm Salpetersäure ($D = 1{,}38$), 100 ccm Schwefelsäure (konzentriert), 2 g Salzsäure ($D = 1{,}19$), 1 g Glanzruß.

Man ist in der Lage, die Metalloberfläche auch auf chemischem Wege zu mattieren. Diese „Mattbrenne" ist eine Lösung aus 300 g Salpetersäure ($D = 1{,}38$), 200 g Schwefelsäure (konzentriert), 1,5 g Kochsalz und 1 bis 1,5 g Zinksulfat (kristallisiert).

In Versuchsreihen, z. B. mit Messingblech Ms 63 (63 % Cu 37 % Zn), läßt sich leicht zeigen, daß die Oberfläche um so matter ausfällt, je länger die Brenne wirkt, je höher ihre Temperatur und je größer ihr Gehalt an Zinksulfat ist.

Die chemische Vorbehandlung der Metalle in der Schule führe man wegen der unvermeidlichen Säuredämpfe und nitrosen Gase im Abzug aus. Als Beizgefäße eignen sich Bechergläser.

Die gebeizten Teile bedürfen einer Nachbehandlung, da in den Poren der Metalloberfläche Säurereste zurückbleiben. Diese können die Haltbarkeit künstlicher Überzüge stark gefährden. Deshalb ist es unerläßlich, alle gebeizten Teile lange und kräftig zu spülen. Es empfiehlt sich, dem Spülwasser zur Neutralisation Salmiakgeist zuzusetzen. Vorbehandelte Teile dürfen auch nicht lange frei an der Luft liegen. Sie laufen an und werden durch Begreifen, ja selbst durch Berührung mit der Luft, fettig. Es hat sich als praktisch erwiesen, solche Teile bis zur Weiterbearbeitung in einer Lösung von 5 g Weinstein auf 1 l Wasser aufzubewahren, da sich bei seiner Dissoziation ein geringer Überschuß von H-Jonen bildet.

Die unsichtbaren Fettüberzüge auf Eisen, Kupfer, Nickel und Metallegierungen lassen sich leicht durch Bürsten mit einer Ätznatronlösung 1:15 oder auch mit Wiener Kalk entfernen. Das ist gebrannter Dolomit $CaMg(CO_3)_2$. Durch unvollkommenes Brennen wird ein Gemisch von Karbonaten und Oxyden erhalten. Die Oxyde setzen sich mit Wasser zu Hydroxyden um. Diese verseifen das Fett, und die feingekörnten Karbonate unterstützen die chemische Entfettung mechanisch. Bei weichen Metallen ist die Natronlauge höchstens im Verhältnis 1:30 anzusetzen, da ja Metalle wie Zink und Aluminium außer von Säuren auch von Laugen unter Bildung von Zinkaten und Aluminaten angegriffen werden. In solchen Fällen ist eine Soda- oder Pottaschelösung, die bekanntlich durch Hydrolyse besonders beim Erwärmen alkalisch wird, empfehlenswerter. Wenn ausreichend entfettet ist, dürfen sich beim Spülen keine Wasserinseln

[1] Solche Materialien und Geräte liefert die Firma Langbein-Pfanhauser, Berlin SW. 68, Ritterstr. 48.

mehr auf der Metalloberfläche bilden. Sie muß von einer zusammenhängenden Wasserhaut überzogen bleiben. Erst nach solcher sorgfältigen Vorbehandlung gelingt bei einer entsprechenden Erfahrung auch die künstliche Färbung der Metalloberfläche.

C. Die Färbung der Metalloberfläche.

An Rezeptvorschriften für die Ausführung chemischer Färbungen besteht kein Mangel. Das vorliegende Material ist aber noch wenig gesichtet und entbehrt der systematischen Durcharbeitung. Für Schulzwecke erscheinen mir folgende Verfahren geeignet:

1. Die chemische Färbung der Metalloberfläche durch Oxydbildung. Dazu verwendet man bekannte Oxydationsmittel wie Kaliumchlorat, Kaliumpermanganat, Kaliumpersulfat u. a. m. Für das Kaliumpersulfatbad sind im Becherglas zu lösen: 2 g Kaliumpersulfat und 10 g Natriumhydroxyd in 200 ccm dest. Wasser.

Die zweckentsprechend vorbehandelten Teile sind in der Lösung möglichst dauernd zu bewegen. Dadurch findet ein Konzentrationsausgleich der einzelnen Lösungsschichten statt, und der Überzug wird gleichmäßig. Kupfer und Kupferlegierungen färben sich tiefschwarz bis sammetartig. Deshalb ist dieses Färbeverfahren für die Behandlung von Innenteilen optischer Geräte gut geeignet. Einen Einblick in den Reaktionsverlauf gewährt folgende Gleichung:

$$K_2S_2O_8 + 2\,NaOH + Cu = K_2SO_4 + Na_2SO_4 + H_2O + CuO.$$

Für fortgeschrittene Schüler kann es interessant sein zu untersuchen, welche Zusammenhänge zwischen dem Kupfergehalt einer Legierung und der Erreichung des schwarzen Endtones der Färbung bestehen, oder wie durch Änderung der Badzusammensetzung bei konstanter Temperatur der schwarze Endton in kürzerer Zeit zu erreichen ist.

2. Die chemische Färbung der Metalloberfläche durch Sulfidbildung. Zur Umwandlung der Metalloberfläche in Sulfide ist Schwefelkalium in Gestalt von Schwefelleber, auch Schwefelwasserstoff oder Schwefelammonium geeignet. Eine gute Braunfärbung des Kupfers wird beispielsweise erreicht, wenn man die vorbehandelten Teile in einer warmen Lösung von etwa 1 g Schwefelleber in 800 ccm destilliertem Wasser schwenkt. Je länger man die Teile im Bade bewegt, um so dunkler fällt die Farbe infolge Kupfersulfidbildung aus.

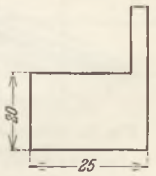


Fig. 1. Form der Bleche für die Metallfärbung.

Eine andere bewährte Zusammensetzung enthält 6 g Schwefelkalium und 20 g Salmiak auf 1 l Wasser.

Nach meinen Erfahrungen ist es nötig, diese Lösungen vor der Verwendung mindestens 5 Minuten lang kräftig zu kochen. Wahrscheinlich entsteht dabei reichlicher kolloidaler Schwefel, der die Färbewirkung der Lösung verbessert und verschiedene Farbabstufungen gestattet. Die Färbungen dunkeln am Licht leicht nach. Buchner führt das auf Kupfer(I)chloridbildung zurück und empfiehlt, für hellbronzeartige Färbung von Kupferchloridfreie Lösung zu verwenden. Für Schülerversuche schlage ich vor, Bleche von 20 × 25 mm Flächengröße schneiden, entgraten und planieren zu lassen. Es ist nicht gleichgültig, ob die Bleche an einem besonderen Ansatzstück gefaßt und dann getaucht, oder ob sie gebohrt und am Bindfaden oder Metalldraht aufgehängt in der Lösung bewegt werden (siehe Fig. 1). Im letzteren Falle können Kontaktströme auftreten, die zur Fleckenbildung führen. Ungleichmäßige Färbungen treten in warmen Bädern auch dann auf, wenn durch unvorsichtiges Schwenken die heißen Gefäßwände berührt werden.

3. Die chemische Färbung der Metalloberfläche durch Adsorbierung von Oxyd- und Sulfidhäuten. Es sei bei dieser Gelegenheit auf den bereits seit 1869 bekannten Lüster- oder Blausud aufmerksam gemacht. Er ist anzusetzen aus 124 g kristallisiertem Natriumthiosulfat und 38 g kristallisiertem Bleiazetat gelöst in 1 l Wasser.

Nach Buchner[1] bildet die Lösung bis nahe zum Sieden erhitzt Schwefelblei, das sich auf dem eingetauchten Metall in Schichten von wachsender Dicke niederschlägt. Beutel und Kutzelnigg[2] haben festgestellt, daß für das Zustandekommen und die Geschwindigkeit der Adsorption das elektrochemische Verhalten des Grundmetalles maßgebend ist. Je unedler das Metall ist, um so schneller erfolgt die Adsorption. Ihre Schnelligkeit wächst auch mit der Temperatur und der Konzentration der Lösung. Die Reihenfolge der Interferenzfarben ist einerseits von der Art des adsorbierenden Metalles und andererseits von der des niedergeschlagenen Sulfids abhängig. Der Schüler gewinnt Verständnis für diese Anfärbung der Metalloberfläche aus folgender Gleichung:

$$Na_2S_2O_3 + Pb(CH_3COO)_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2\,CH_3COOH + PbS.$$

Der Lüstersud liefert auf Messing Farbtöne in goldgelb, kupferfarben, violett, dunkelblau, hellblau, chrom-, nickelfarben und rotgrau[3]. Er färbt sämtliche Metalle der Spannungsreihe vom Eisen ab mit Ausnahme von Kadmium und Platin. Die Farbtöne fallen auf polierten Oberflächen anders aus als auf matten und werden auf vorgewärmten Teilen schneller erreicht. Setzen sich solche Sulfidschichten langsam ab, so können sie so dicht und fest werden, daß sie sogar das Polieren mit der Schwabbel erlauben[4].

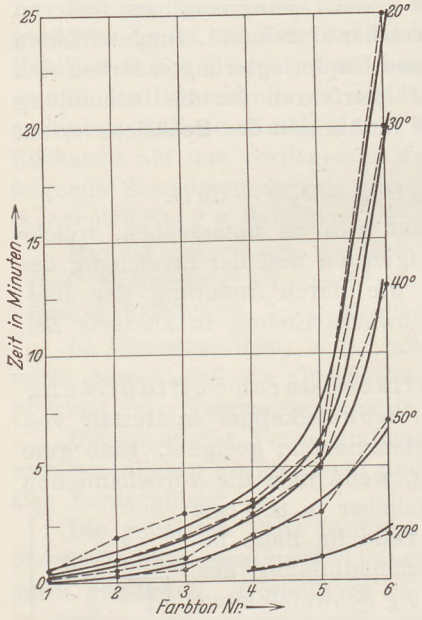


Fig. 2. Beizgeschwindigkeitsverlauf bei Temperaturerhöhung.

4. Die chemische Färbung der Metalloberfläche nach dem Tauch- und Kontaktverfahren. Nach diesem Verfahren werden die vorbehandelten Versuchsbleche oder Metallgegenstände in eine Salzlösung von Zimmertemperatur getaucht. Dabei überzieht sich ihre Oberfläche von selber mit einer färbenden Metallschicht. Die Erklärung liegt darin, daß das getauchte Metall oder die Legierung Bestandteile mit hoher elektrolytischer Lösungstension in die bereitete Färbelösung schickt und dadurch Metallionen aus der Lösung drängt, die zu Metall reduziert werden. Dieses Metall schlägt sich so lange auf der zu färbenden Oberfläche nieder, bis sie völlig abgedeckt ist. Daraus ergibt sich, daß der Überzug beim Tauchen nur eine gewisse Schichtdicke erreichen kann.

Der Vorgang läßt sich beschleunigen und die Schicht verstärken, wenn das zu färbende Metall in Kontakt mit Zink in die Lösung getaucht wird. Dabei geht Zink lebhaft in Lösung, so daß sich das Bad zeitiger verbraucht. Die Schnelligkeit der Färbung und die Güte des Überzuges lassen sich in hohem Maße aber auch durch die Badzusammensetzung beeinflussen. Diese Zusammenhänge lernt der Schüler am besten erkennen, wenn er bald an systematisches Arbeiten gewöhnt wird.

Nach einer bekannten Vorschrift sollen z. B. Kupferlegierungen durch eine Lösung von 8,3 g amorphem weißem Arsenik, 8,3 g kristallisiertem Eisenvitriol und 100 g roher Salzsäure, die eine Stunde lang gekocht hat, beim Tauchen stahlgrau gefärbt werden. Man lasse abweichend von der Vorschrift die Lösung bei Zimmertemperatur

[1] Georg Buchner: Die Metallfärbung. Verlag M. Krayn, Berlin 1920.

[2] E. Beutel u. A. Kutzelnigg: Über die Adsorbierung von Sulfid- und Oxydhäuten durch metallische Oberflächen. Ztschr. Elektrochem. 1930, N. 8.

[3] Georg Gross: Untersuchungen über Messingfärbung durch Lüstersud. Die Metallwarenindustrie u. Galvanotechnik, 1932. Nr. 21.

[4] Georg Gross: Beitrag zur Sulfidfärbung. Techn. Ztrbl.; Technologischer Verlag, Berlin-Halensee.

ansetzen, verzichte auf das etwa einstündige Kochen und veranlasse den Schüler, durch eigene Versuche mit Messingblech zu bestätigen, daß bei stufenweiser Steigerung der Badtemperatur von 20° auf 70° C auch Farbtöne, die mit kupferfarben beginnen, langsam dunkler werden und mit stahlgrau endigen, festgehalten werden können[1].

Diese Farbtöne lassen sich von 1 bis 6 numerieren, die Färbezeiten für die entsprechenden Badtemperaturen notieren und zu folgender Tabelle übersichtlich zusammenstellen:

Farbton	1	2	3	4	5	6
	Von kupferfarben über blauschwarz bis stahlgrau					
Badtemperatur	Zeit in Minuten					
20° C	0,5	2	3	3,5	6	25
30° „	0,4	1	2	3,25	5,5	20
40° „	0,2	0,5	1	3	5	13
50° „	0,1	0,25	0,5	2	3	7
70° „	—	—	—	0,5	1	2

Diese Tabelle liefert in graphischer Darstellung das Schaubild Fig. 2.

Da die Wirkung eines Färbebades auch von dem Gehalt an den einzelnen Bestandteilen abhängt, so hat der Schüler die Beizgeschwindigkeit zu untersuchen. Dabei muß er bei konstanter Badtemperatur, z. B. 20° C, die Zeit in Minuten ermitteln, die zur Erreichung etwa des Farbtones Nr. 4 unserer Tabelle notwendig ist, wenn die Gehalte geändert werden. Diese Untersuchungen sind in drei Richtungen zu variieren:

a) Gehalt an Eisenvitriol geändert, Gehalt an Arsenik und roher Salzsäure konstant:

As_2O_3	HCl	Eisenvitriol — $FeSO_4 \cdot 7\,H_2O$ — in g											
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	23	28	33
8,3 g	100 g	6′	5′	4,5′	4′	3′	3′	3′	2,5′	2′	2,5′	3′	4′

b) Gehalt an Arsenik geändert, Gehalt an Eisenvitriol und roher Salzsäure konstant.

$FeSO_4 \cdot 7\,H_2O$	HCl	Arsenigsäureanhydrid — As_2O_3 — in g														
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
8,3 g	100 g	15′	7,5′	5′	3,75′	3,5′	2,5′	2,5′	2′	3,75′	3,75′	5′	5′	6,25′	6,25′	7,5′

c) Gehalt an roher Salzsäure geändert, Gehalt an Arsenik und Eisenvitriol konstant.

As_2O_3	$FeSO_4 \cdot 7\,H_2O$	Chlorwasserstoffsäure — HCl — in g											
		50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
8,3 g	8,3 g	7′	6′	5′	4,50′	4,50′	4,25′	4′	4′	4,5′	5,5′	6′	8′

Diese Tabellenwerte geben die Möglichkeit zu graphischer Darstellung. Die geänderten Gehalte sind als Abszissen und die Zeiten in Minuten als Ordinaten aufzutragen. Auf der Grundlage der Tabellen- und Kurvenwerte kann als wirksamste Zusammensetzung eine Lösung aus 21 g kristallisiertem Eisenvitriol, 14 g amorphem Arsenik und 110 g roher Salzsäure angesehen werden. Dem Minimum der Färbezeit überhaupt ist näher zu kommen, wenn man die Arsenikbeize als Dreistoffsystem auffassen, die Gehalte von den einzelnen Bestandteilen an Hand der Tabellen- oder Kurvenwerte in Prozente umrechnen und in das Schaubild eines gleichseitigen Dreiecks eintragen läßt (Fig. 3).

[1] Georg Gross: Untersuchungen über Graufärbung von Kupferlegierungen durch Arsenikbeize. Verlag: Oberflächentechnik, Coburg 1933, Nr. 23.

Der Schnittpunkt der drei Geraden gibt die Zusammensetzung des Ausgangsrezeptes und der Punktkreis ⊙ das in seiner Wirkung um 50 % verbesserte Bad an. Läßt man auf den drei Geraden die Punkte der kürzesten Färbezeiten untereinander verbinden, so wird wieder ein Dreieck erhalten. Für dessen Schwerpunkt ist aus dem Schaubild zu entnehmen: 9,2 % = 9,2 g kristallisierter Eisenvitriol, 8,5 % = 8,5 g amorpher Arsenik, 82,3 % = 82,3 g rohe Salzsäure.

Diese Zusammensetzung stellt einen weiteren Fortschritt dar. Sie liefert nach 6 Wochen Alterung den stahlgrauen Endton unter Nr. 6 der Tabelle statt in 25 Minuten bereits in 10 Sekunden. Als Begleiterscheinung der natürlichen Alterung ist ein Farbumschlag der Lösung von Gelbgrün nach Rotbraun festzustellen. Er findet seine Erklärung in der Oxydation von Eisen(II)- zu Eisen(III)chlorid und gab Veranlassung, kristallisierten Eisenvitriol durch die äquivalente Menge wasserfreies Eisen(III)-sulfat zu ersetzen.

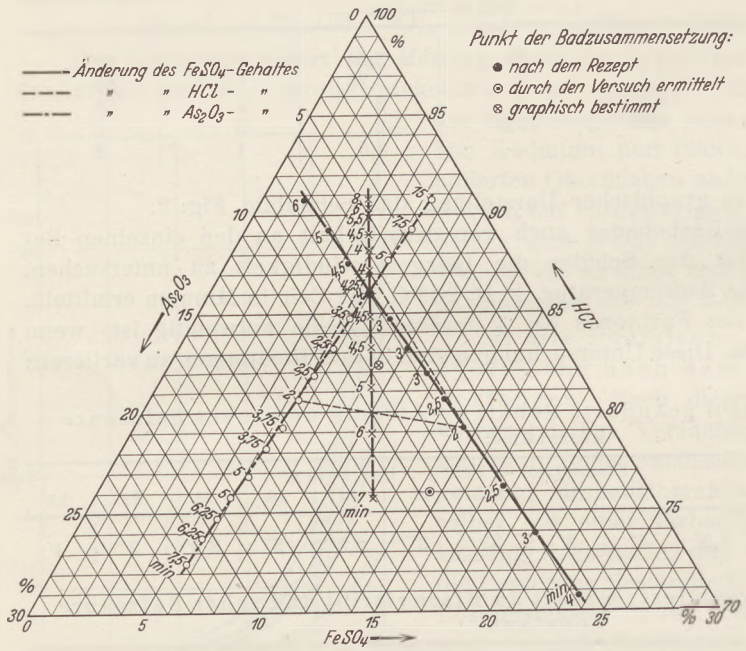


Fig. 3. Dreieckschaubild der Badzusammensetzung.

Dieses Gemisch braucht nicht wie die Ausgangsbeize erst eine Stunde lang gekocht zu werden, auch ist ein Alterungsprozeß von 6 Wochen nicht erforderlich. Das Bad ist bei Zimmertemperatur anzusetzen und sofort mit einer Beizgeschwindigkeit von 10 Sekunden gebrauchsfertig. Diese hohe Beizgeschwindigkeit hat nicht nur einen schönen, sondern auch einen äußerst widerstandsfähigen stahlgrauen Überzug auf dem Grundmetall zur Folge, der in der kurzen Färbezeit durch die stark salzsaure Lösung nicht im mindesten gelitten hat.

Um diese Arsenikbeize mit dem Ausgangsrezept besser vergleichen zu können, erscheint es geboten, auf 100 g Salzsäure zu beziehen. Dabei ergibt sich als wirkungsvollste Zusammensetzung: 10,3 g amorpher weißer Arsenik, 5,6 g wasserfreies Eisen(III)-sulfat und 100 g rohe Salzsäure.

Die chemischen Metallfärbungen bedürfen nun in fast allen Fällen noch einer gewissen Nachbehandlung. Dabei sind zur Entfernung etwaiger Badreste aus den Poren die Teile mehrmals und kräftig in reinem Wasser zu spülen und darauf im Trockenschrank bei etwa 40° C, in harzfreiem Sägemehl oder mit Fließpapier zu trocknen. Anschließend empfiehlt es sich, die Oberfläche durch Polieren von Hand oder durch Einreiben mit Fett, Öl oder Wachs zu verschönern oder durch Überziehen mit farblosem Lack zu schützen.

D. Das Anwendungsgebiet der Metallfärbung

ist außerordentlich umfangreich. Viele Kunstgegenstände aus Bronze legen Zeugnis von dem feinen, künstlerischen Empfinden des Metalltechnikers ab. Kunstgewerbliche Erzeugnisse, optische und feinmechanische Geräte, geodätische Instrumente und Meßwerkzeuge mannigfacher Art erhalten durch Färbung neben einer zweckentsprechenden Ausgestaltung in einigen Fällen sogar einen ausreichenden Oberflächenschutz (Arsenik-

beize). Dem Schüler diese Welt des künstlerischen, kunstgewerblichen und handwerklichen Schaffens durch praktische Färbeversuche und Besuche von technischen Betrieben zu erschließen, scheint mir eine schöne und dankenswerte Aufgabe auch für die „allgemein-bildende" höhere Schule zu sein. Wir kommen damit schließlich alle einen Schritt weiter auf dem Wege, die historisch verständliche Vormachtstellung des Auslandes auf dem Gebiete der metallischen Oberflächenverschönerung und -veredelung zu überwinden.

E. Vorschlag für den Arbeitsverlauf im Praktikum.

I. Vorbehandlung der Metallbleche: 1. Schneiden, Richten und Entgraten, 2. Abbrennen (nur bei starker Verzunderung), 3. Schleifen, 4. Polieren, 5. Entfetten, 6. Lagern in Weinsteinlösung.

II. Abwägen der Metallsalze und Ansetzen des Färbebades.

III. Versuchsanordnung (siehe Fig. 4).

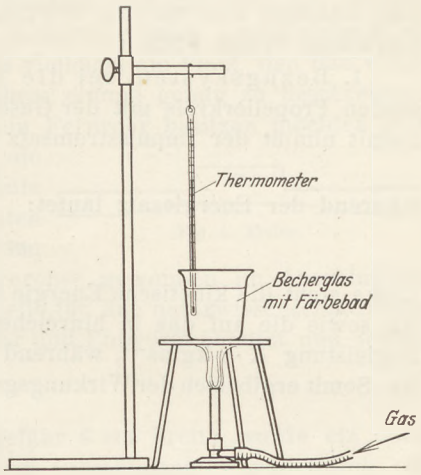


Fig. 4. Versuchsanordnung für die Metallfärbung.

IV. Praktische Ausführung: 1. Färbungen mit Versuchsblechen: a) poliert, b) mattiert, ohne Vorwärmung; a) poliert, b) mattiert, mit Vorwärmung auf Badtemperatur. 2. Färbungen von Gebrauchsgegenständen auf Grund der bisherigen Beobachtungen und Erfahrungen.

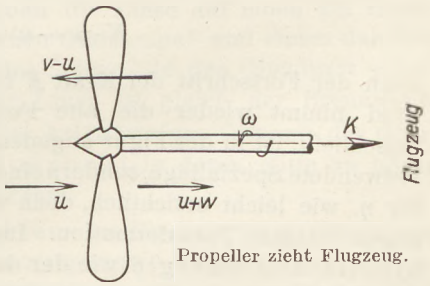
V. Nachbehandlung: 1. Wässern, 2. Trocknen, 3. Polieren (Lichten), 4. Zaponieren usw.

Kleine Mitteilungen.

Galilei-Transformation und Energiesatz.

Von **H. Bock** in Hamburg.

Die Form der Gesetze der klassischen Mechanik ändert sich nicht, wenn man sie auf ein anderes Inertialsystem transformiert, d. h. auf ein Koordinatensystem, das gegenüber dem ursprünglichen eine gleichförmig-geradlinige Geschwindigkeit aufweist. Diese unter dem Namen GALILEI-Transformation bekannte Tatsache ist im Grunde eine sehr einfache Angelegenheit; trotzdem lassen sich leicht Fälle konstruieren, bei denen interessante Eigentümlichkeiten auftreten, besonders beim Ansatz des Energiegesetzes. Als Beispiel wählen wir ein Flugzeug, das, vom Propeller gezogen, mit gleichförmiger Geschwindigkeit durch die „über Grund" ruhende Luft streicht (siehe die Figur). Der mit der Winkelgeschwindigkeit ω s^{-1} umlaufende Propeller erfährt durch den Motor das Drehmoment M mkg und übt auf das weiter rückwärts nachfolgend zu denkende Flugzeug die Zugkraft K kg aus. Die gleichförmige Geschwindigkeit des ganzen Systems relativ zur Atmosphäre betrage v ms^{-1}; die dem Propeller ebenfalls mit der Geschwindigkeit v zuströmende Luft erfahre durch ihn eine Geschwindigkeitsvermehrung um w ms^{-1}, so daß sie den Propellerkreis mit der Relativgeschwindigkeit $v + w$ verläßt. Die vom Propeller sekundlich verarbeitete Luftmasse belaufe sich auf m $kgm^{-1}s$. Der Wirkungsgrad des Vorganges soll unter der idealisierenden Annahme ermittelt werden, daß außer der kinetischen Energie der abstreichenden Luft keinerlei Verluste auftreten.



Propeller zieht Flugzeug.

Maßgeblich sind zwei Sätze: der Energiesatz und der Impulsstromsatz (Kraft gleich der sekundlich betroffenen Luftmasse, multpliziert mit der Geschwindigkeitszunahme, die sie erleidet). Je nach dem Standpunkt, den der Beobachter einnimmt, d. h, je nach dem gewählten Bezugssystem, sehen die Gleichungen etwas verschieden aus, während sich für den Wirkungsgrad η natürlich derselbe Ausdruck ergibt. Wir betrachten einige Fälle.

1. Bezugssystem sei die Erde. Die Luft tritt in den mit v ms^{-1} fortschreitenden Propellerkreis mit der Geschwindigkeit Null ein und verläßt ihn mit w ms^{-1}. Damit nimmt der Impulsstromsatz die einfache Form an:

$$m\,(w - 0) = K, \tag{1}$$

während der Energiesatz lautet:

$$m \cdot \frac{w^2}{2} + K \cdot v = M \cdot \omega. \tag{2}$$

Links steht die kinetische Energie der abziehenden Luft, die als verloren zu betrachten ist, sowie die auf das in hinreichendem Abstande nachfolgende Flugzeug übertragene Zugleistung $K \cdot v$ kgms^{-1}, während auf die rechte Seite die Motorenleistung zu setzen ist. Somit ergibt sich der Wirkungsgrad als Verhältnis der Nutzleistung zur aufgewandten:

$$\eta = \frac{K \cdot v}{M \cdot \omega} = \frac{2}{2 + \frac{w}{v}}. \tag{3}$$

2. Bezugssystem sei der Propeller selbst. Die Luft strömt jetzt mit v ms^{-1} zu und mit $(v + w)$ ab. Die Zugkraft K leistet hier keinerlei Arbeit, weil das mechanische System relativ zum Koordinatensystem ruht. Die Ansätze werden nun:

$$m\,(v + w) = m \cdot v + K, \tag{4}$$

$$m \frac{(v + w)^2}{2} = m \frac{v^2}{2} + M \cdot \omega. \tag{5}$$

Gl. (4) enthält links die in der Flugrichtung wirkende Kraft und rechts die entgegengesetzte; in Gl. (5) aber steht rechts die je Zeiteinheit zugeführte Energie, wozu hier auch die kinetische Energie der zuströmenden Luft gehört. — Für den Wirkungsgrad η ergibt sich derselbe Ausdruck wie im Fall 1.

3. Das Bezugssystem bewege sich relativ zur Erde mit u ms^{-1} in der Fahrtrichtung vorwärts. Die Geschwindigkeit des Flugzeuges beträgt jetzt $(v - u)$ ms^{-1}, die der einströmenden Luft u und diejenige der abfließenden $(u + w)$. Somit gilt:

$$m\,(u + w) = m \cdot u + K, \tag{6}$$

$$K \cdot (v - u) + m \frac{(u + w)^2}{2} = m \frac{u^2}{2} + M \cdot \omega, \tag{7}$$

denn der Fortschritt der Kraft K beziffert sich hier auf $(v - u)$ ms^{-1}. Der Wirkungsgrad nimmt wieder die alte Form an. Dieser Fall 3, der die anderen natürlich einschließt, ist in der Figur angedeutet. — Würde man dem Vektor u nicht die in Fall 3 verwendete Speziallage, sondern eine beliebige Richtung im Raume zuweisen, so würde sich für η, wie leicht ersichtlich, doch wieder dieselbe Form ergeben. η ist eben invariant gegen GALILEI-Transformation. Insbesondere erkennt man: Sowohl der Begriff der kinetischen Energie wie der der Leistung der Kräfte gewinnt erst Sinn durch die Festlegung des Koordinatensystems.

Anfertigung eines einfachen leistungsfähigen Fernrohres für Himmelskunde.

Von **Gertrud Gaßner** in Berlin-Tempelhof.

Es ist im Unterricht der Schule lehrreich, statt eines fertig gekauften Fernrohres ein solches zu benutzen, das, leicht zerlegbar und übersichtlich im Bau, den Schülern auch die Bedeutung der einzelnen Teile zeigt. Besonders kann daran, wenn einfache

Linsen zur Verwendung kommen, die ungeheure Bedeutung, die schon die ersten Fernrohre für die Entwicklung der Astronomie hatten, sehr eindrucksvoll gemacht werden. Zudem ist mit einfachen Linsen viel zu erreichen, und es ist daher wiederholt vorgeschlagen worden, mit solchen ein Fernrohr selbst zusammenzubauen. Dabei werden aber, wie sich gezeigt hat, zum großen Nachteil der Leistung des Rohres leicht Dinge übersehen, deren Bedeutung nur die Erfahrung lehrt. Anderseits wird häufig Gewicht gelegt auf Wertloses. Deshalb ist es vielleicht am Platz, den Bau eines ganz einfachen und doch leistungsfähigen Fernrohres einmal genau zu beschreiben. Es finden sich immer wieder Schüler, die gern ein Fernrohr besitzen möchten und schon zufrieden wären, wenn sie die Jupitermonde sehen könnten. Man wird sie auf Grund der beim Bauen gesammelten Erfahrungen erst richtig beraten können. Die hier mitgeteilten Erfahrungen wurden beim Bau mehrerer, unter sich verschiedener Fernrohre gewonnen im Anschluß an die physikalischen Übungen der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Dabei wurden dort vorhandene Vorbilder und Entwürfe benutzt und weiter entwickelt.

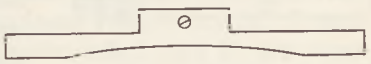


Fig. 1. Feder.

Das Rohr.

Aus Latten von etwa 90 cm Länge und ungefähr 6 cm Breite wurde ein oben offener Kasten genagelt, dessen eine Seitenöffnung verschlossen wurde durch ein Brettchen mit etwa 3½ cm weiter, kreisförmiger Öffnung (Laubsäge), zur Aufnahme des Objektivs. In die andere Seitenöffnung wurde auf den Boden des Kastens, als Auszug und Träger des Okulars, eine schmalere Latte genau eingepaßt und durch Federn (schmale, unten ausgefeilte, an die Seitenwände des Kastens geschraubte Holzleisten) zur elastischen Führung auf den Boden gepreßt (vgl. Fig. 1 und 2). Erst nach Beendigung der Arbeiten an der Optik wurde der Kasten durch einen abhebbaren Deckel verschlossen.

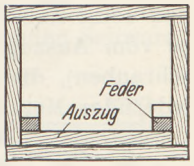


Fig. 2. Rohrquerschnitt in Höhe des Auszuges.

Die Optik.

A. Das Objektiv. Geeignet ist ein plankovexes Brillenglas, das die ebene Seite dem Okular zuwendet, oder auch ein bikonvexes Brillenglas. Die Brennweite sei etwa 1 m.

Bestimmung der Brennweite. Da die Brillengläser gelegentlich mit einer etwas anderen als der gewünschten Brennweite geliefert werden, ist es zweckmäßig, die Brennweite gleich anfangs noch einmal zu bestimmen. Der Versuch dauert nur wenige Minuten, wenn man die Linse auf einen am Boden liegenden Spiegel legt und über ihr, mit einer kleinen Glühlampe[1] und einem daneben gehaltenen weißen Papier den Ort sucht, an dem das Spiegelbild den Glühdraht scharf wiedergibt. Die Entfernung von hier bis zu der Linse ist gleich der Brennweite.

Das Brillenglas als Objektiv wurde nun vor der kreisförmigen Öffnung des Querbrettchens so befestigt, daß sein optischer Mittelpunkt in deren Mitte zu liegen kam. Dieser mußte daher zunächst bestimmt werden.

Bestimmung des optischen Mittelpunktes. Im Dunkeln wird eine kleine Glühlampe[1] in etwa 4 m Entfernung von der Linse aufgestellt. Ungefähr 15 cm hinter der Linse entsteht dann — durch doppelte Spiegelung — ein winziges Spiegelbild, das man auf steifem weißen Papier (am Stativ befestigt) auffängt. Das Spiegelbild wird beschattet, sobald die Mitte der Linse zugedeckt wird. Dieses Zudecken geschieht mit Hilfe zweier Fäden, die kreuzweise über die Linse gelegt und an deren Rändern mit Plastilin befestigt sind. Man verschiebt die Fäden, die auf dem weißen Papier einen scharfen Schatten geben, so lange, bis der Schatten ihres Schnittpunktes das Spiegelbild trifft.

[1] Schullampe 8. Zeitschr. physikal.-chem. Unterr. 44, 159 (1931).

Ist der optische Mittelpunkt auf diese Weise gefunden, so wird er durch einen kleinen Tintenfleck fixiert und hierauf die Linse vor der Linsenöffnung befestigt mit Hilfe dreier Holzstückchen, die unter dem Linsenrand ein wenig ausgefeilt, hier mit Leder unterlegt und mit je zwei Schrauben auf dem Querbrettchen befestigt werden (siehe Fig. 3). Linse nicht quetschen!

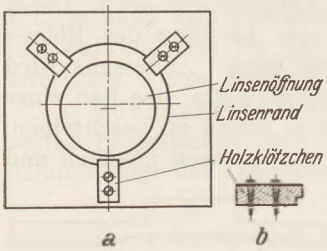


Fig. 3. Befestigung des Objektivs.

Das genannte Spiegelbildchen (*s*) eignet sich zur Auffindung des optischen Mittelpunktes deshalb, weil es durch doppelte Spiegelung entsteht und sein Ort daher, auch bei Drehung der Linse, ziemlich derselbe bleibt. Es entsteht aber auf der der Lampe zugewandten Seite der Linse auch ein Spiegelbildchen (*S*) durch einfache Spiegelung. Dieses, gegen Drehung der Linse sehr empfindlich (doppelter Winkel!), eignet sich nun zum Ausrichten der Linse auf die Fernrohrachse.

Das Ausrichten der Linse. Das Spiegelbildchen *s* wird, wie vorher, auf weißer Pappe aufgefangen. Ebenso (auf einem schmalen Pappestreifen!) das Bildchen *S*. Wählt man diesen Pappestreifen etwa pfeilförmig und bringt ihn so an, daß der Schatten seiner Spitze das Bildchen *s* gerade trifft, so muß *S* auf dieser Spitze erscheinen, wenn die Linse ausgerichtet ist. Liegt *S* dagegen weit ab, so wird durch Kippen der Linse (Unterlegen des Linsenrandes mit Pappstückchen an geeigneten Stellen) sein Wandern bewirkt. Die so ausgerichtete Linse wurde mit Hilfe eines Plastilinstreifens, der um ihren Rand gelegt ist, leicht gegen die Unterlage gedrückt und so gegen jedes Verrutschen gesichert.

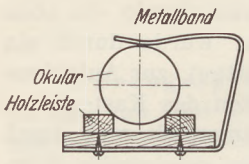


Fig. 4. Querschnitt durch das Okularlager.

B. Das Okular. Als geeignet hat sich das Mikroskopokular 2 (auch 3) erwiesen. Es wurde am Ende des Auszugs so angebracht, daß seine Achse den optischen Mittelpunkt des Objektivs möglichst traf. Dazu mußte es vom Auszug abgehoben werden durch zwei Holzleisten (auf den Auszug aufzuschrauben), die zugleich ihm als Führung dienen, sowie als Befestigungsstelle für ein federndes Metallband, das um seinen vorderen Teil geführt wurde und ihm als Halt dient (Fig. 4). Die gröbere Einstellung, die für Sterne und die etwa 20 m entfernte Prüfplatte 5 cm Unterschied verlangt, geschieht mit dem Auszugsbrett, die feinere durch Verschiebung des Okulars auf den Holzleisten.

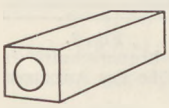


Fig. 5. Kästchen.

C. Die Blenden. Die Abblendung störender Reflexe im Rohr wird durch Einsetzen schwarzer, gut passender Papierkästchen in die ganze Länge des Rohres erreicht. Sie haben in den Querseiten kreisförmige Öffnungen, und zwar zwischen höchstens 2 cm Durchmesser dicht hinter dem Objektiv und 1 cm Durchmesser vor dem Okular allmählich abnehmend (Fig. 5). Im ganzen 7 Kästchen genügten, 2 davon auf dem Auszug. Diese wurden aufgeleimt. Weil die Strahlen sehr flach auf die Rohrwand fallen, genügt es nicht, den Kasten mit mattem Lack auszustreichen. Allenfalls ein Auskleiden mit Samt würde den Zweck erfüllen.

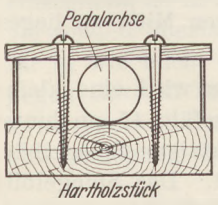


Fig. 6. Querschnitt durch das Achsenlager.

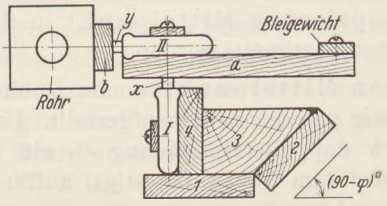


Fig. 7. Schnitt durch Rohr und Aufstellungsvorrichtung.

Die Fernrohrachsen.

Um bequem einstellen zu können, sind zwei Achsen senkrecht zueinander erforderlich. Diese werden aus Fahrradpedalen hergestellt (Fig. 6). Das Gewinde des einen Pedals (Achse *I* in Fig. 7) wird in ein kräftiges Stück Hartholz (mit dem Zentrumbohrer knapp ausgeschnitten) hineingewürgt (Schraubstock, Fahrradschlüssel). Auf dieses Holzstück (*a*) setzt man das zweite Pedal (Achse *II*) auf, nachdem

sein Gewinde ebenfalls in ein Hartholzstück (*b*) zum Tragen des Rohres hineingewürgt worden ist. Das Aufsetzen geschieht mit Hilfe eines aufgelegten Brettchens, durch das zwei lange, kräftige Schrauben in das Holzstück getrieben werden. In derselben Weise wird das erste Pedal an den Fernrohrfuß angeschraubt.

Der Fuß.

Es ist sehr zweckmäßig, dem Fernrohr außer azimutaler auch parallaktische Aufstellung geben zu können. Daher werden am Fuße statt einer zwei Stehflächen angebracht, die für die geographische Breite φ den spitzen Winkel $(90—\varphi)^0$ miteinander bilden (Fig. 7). Diese beiden Platten (*1* und *2*) aus kräftigem Holz werden, wie die Fig. 7 zeigt, an eine dritte, entsprechend geschnittene festgeschraubt (*3*) und darauf das Widerlagsbrett für die Achse *I* (*4*) senkrecht zu *1* und *3* mit dem Fuße verbunden.

Steht das Rohr auf Platte *1*, so hat es azimutale, steht es auf *2* und liegt die Achse *I* der Erdachse parallel, so hat es parallaktische Aufstellung. Ist in dieser Aufstellung ein Stern gefunden, so kann allein durch Drehung um Achse *I* das Rohr der Sternbewegung nachgeführt werden.

Es zeigten sich nun noch zwei Mängel. Einmal waren die Achsen viel zu leicht beweglich. Außerdem aber mußte das Gewicht des Rohres nach der Gegenseite hin ausbalanziert werden, da sonst auch nach Hemmung der Achsen eine sichere Einstellung unmöglich war.

Da das Objektivbrett größer ist als der Kastenquerschnitt, empfiehlt es sich, zur Erleichterung der Einstellung etwa in der Mitte des Kastens eine Visierkante aufzunageln. Sie muß rechts oder links so weit überstehen wie das Objektivbrett.

Das Ausbalanzieren des Rohrgewichts.

Es erwies sich als besonders einfach, das Brett *a* in Fig. 7 etwa 30 cm lang zu machen und auf das äußere Ende ein Bleigewicht von entsprechender Schwere (gegossen in einer Holzform aus Bleiresten mit Zusatz von Zinn zur Herabsetzung des Schmelzpunktes) aufzuschrauben.

Das Hemmen der Achsen.

Das Hemmen erfolgt an den noch freien Teilen der Pedalköpfe (*x* und *y* in Fig. 7). Leicht anzubringen sind Federn, bestehend aus je zwei schmalen Holzleisten (Fig. 8). Die Leisten umgreifen den Pedalkopf; auf der einen Seite sind sie durch eine gewöhnliche Schraube zusammengehalten, auf der anderen durch eine Flügelschraube mit Metallgewinde. Damit wird die Hemmung reguliert. Eine der beiden Leisten wird an das Holzstück *a* bzw. *b* (mit nur einer Schraube) festgeschraubt.

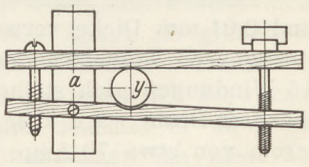


Fig. 8. Feder.

Prüfung der Leistung.

Das nun fertige Rohr mußte auf seine Leistung hin geprüft werden. Alle Einzelheiten hierüber waren zu erfahren mit Hilfe der Prüftafel[1]: Die 4 großen Jupitermonde sind leicht zu erkennen; die Saturnringe (in Wirklichkeit noch wesentlich besser als auf der Prüftafel zu sehen, wegen des Helligkeitsunterschiedes zwischen Planet und Ringen) sind deutlich; die Venussichel kann, wenn sie schmal ist, gut erkannt werden; Doppelsterne können bis 10″ Distanz glatt aufgelöst, bei 7″ Distanz noch länglich gesehen werden.

Eine solche Leistung ist bei weitem ausreichend für den Bedarf in der Schule und übertrifft die Leistung mancher Schulfernrohre[2]. Wo die Prüftafel fehlt, kann man sich durch ein einfaches Mittel von der Auflösungskraft des Rohrs überzeugen.

[1] Zeitschr. physikal.-chem. Unterr. **34**, 265 (1921).
[2] Zeitschr. physikal.-chem. Unterr. **34**, 263 (1921).

In schwarzes Papier, das vor eine Opallampe gestellt wird, sind mit einer sehr feinen Nähnadel in 1 mm Abstand zwei Löcher gestoßen. Werden sie in 20 m Entfernung getrennt gesehen, so können mit dem Rohr 10″ noch aufgelöst werden.

Auf folgende Einzelheiten muß bei der Ausführung besondes geachtet werden. Das Objektiv ist sorgfältig zu zentrieren und auszurichten; es darf beim Befestigen nicht geklemmt werden und ist auf höchstens 2 cm Öffnung abzublenden. Die Lichtreflexe im Rohr müssen durch eingesetzte Blenden ausgeschaltet werden.

Der große Aufwand an Zeit und Mühe darf nicht an der geringen Ersparnis für ein achromatisches Fernrohrobjektiv von 20 mm Durchmesser gemessen werden; kostet doch das verwendete Okular 4 bis 5 mal soviel als das Brillenglas. Zum Verständnis für die Instrumentenkunde und für die Bedeutung der Erfindung des Fernrohrs leistet das selbstgebaute Brillenglasfernrohr unvergleichlich viel mehr als der schönste gekaufte Refraktor.

Zum Schluß spreche ich der Staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht meinen Dank aus für Anleitung und Hilfe, Warnung und Kritik bei meiner Arbeit.

Ein Versuch zur Strahlung des schwarzen Körpers.

Von **H. Kröncke** in Berlin.

Auf eine Anregung von Herrn Professor P. Pringsheim hin machte ich folgenden Versuch: Ein Teil der metallisch blanken Oberfläche eines dünnen Platinbleches wird geschwärzt und darauf das Blech elektrisch zum Glühen gebracht. Es ist zu erwarten, daß der schwarze Teil, der eine etwa zwanzigmal so starke Ausstrahlung hat wie das blanke Metall, wesentlich heller erscheint als das übrige Blech. Überraschenderweise trat aber das Gegenteil ein: der schwarze Teil der Oberfläche erschien auch im glühenden Zustande wesentlich dunkler als seine blanke Umgebung. Die nähere Untersuchung dieser Beobachtung führt zu einigen interessanten physikalischen Bemerkungen.

Zunächst sei angegeben, daß ein Platinblech von 120 mm Länge, 80 mm Breite und 0,01 mm Dicke verwendet wurde. Zur Heizung diente Wechselstrom, der einem zerlegbaren Transformator von Leybold entnommen wurde. Die Sekundärspule hatte 16 Windungen. Ich stellte sie mir aus 3 mm starkem Kupferdraht selbst her; etwas dickerer Draht wäre aber vorzuziehen, da sich die Spule bei dem erforderlichen Heizstrom von etwa 70 Amp. in wenigen Minuten auf ungefähr 100° erwärmt.

Der geschwärzte Teil des Bleches erhielt zur Erleichterung der Beobachtung die Form eines Kreuzes. Zum Schwärzen diente eine Mischung von Mangansuperoxyd und Wasserglas, die dünn aufgetragen wurde. Nach dem ersten Glühen wurde außerdem die getrocknete Schicht fast vollständig wieder abgeschabt, so daß von einer Schwärzung des Bleches kaum noch etwas zu sehen war und jedenfalls von einem Unterschied in der Dicke der leitenden Schicht über die ganze Fläche nicht die Rede sein konnte. Daß aber die Oberfläche verändert sein muß, erkennt man nach Einschalten des Stromes: auf beiden Seiten des Bleches zeichnet sich das Kreuz ab, dunkel vor dem hellen Blech der Umgebung.

Die Erscheinung ist offenbar so zu erklären, daß das Blech dort, wo es geschwärzt ist, so stark ausstrahlt, daß seine Temperatur gegen das blanke Blech erheblich erniedrigt wird. Damit verschiebt sich die Strahlungskurve nach dem Wienschen Verschiebungsgesetz so nach längeren Wellen, daß das sichtbare Leuchten ganz oder fast ganz verschwindet. Es ist aber bemerkenswert, daß dabei die unsichtbare Wärmestrahlung des schwarzen Teiles wesentlich stärker ist als die Gesamtstrahlung des bei höherer Temperatur glühenden blanken Bleches.

Die Richtigkeit dieser Erklärung bestätigt der folgende einfache Versuch. Man nähert ein Stück blankes Metallblech, das man zweckmäßig in ein Stativ eingespannt hat, dem strahlenden Platinblech und beobachtet die Rückseite. Bei der Annäherung

des Metallspiegels an die geschwärzte Seite wird das dunkle Kreuz erheblich aufgehellt und verschwindet nahezu. Entfernt man aber den Spiegel, so erscheint das Kreuz sofort wieder in alter Stärke. Nähert man den Spiegel von der Seite, die nicht geschwärzt ist, so ist keine Veränderung zu beobachten. Im ersten Falle wird eben durch die Rückstrahlung des Spiegels der Temperaturverlust des schwarzen Teils zum größten Teil ausgeglichen.

Noch genauer kann man durch Messung der Strahlung mittels einer Thermosäule die Erklärung bestätigen. Man muß dann allerdings dafür sorgen, daß wirklich nur Strahlung von einem bestimmten kleinen Teile des Bleches in die Thermosäule gelangt. Ich verwendete dazu eine kleine Thermosäule von Moll, in deren Auffangtrichter ich ein Hartpapierrohr von 20 mm Durchmesser und 300 mm Länge einsetzte, das wieder durch ein Glasrohr von 7 mm lichter Weite und 200 mm Länge fortgesetzt wurde. Mit dem Ende des Glasrohres kann man, ohne Störungen zu bemerken, bis auf 20 mm an das glühende Blech herangehen und so die Strahlung eines gut definierten kleinen Teils des Bleches messen. Ich mußte die Empfindlichkeit des verwendeten Galvanometers von Leybold auf die Hälfte verkleinern, um nicht zu große Ausschläge zu erhalten; statt dessen könnte man auch den Querschnitt des Glasrohres halb so groß wählen. Die Messungen ergaben folgende Ausschläge in Zentimetern auf der 5 m entfernten Skala:

Vorderseite:

Blankes Metall	45	Geschwärzte Fläche . . .	81

Rückseite:

Heller Teil	45	Dunkler Teil	21

Die nur außerordentlich wenig geschwärzte Fläche strahlt also etwa viermal so stark wie das blanke Blech von derselben Temperatur und etwa doppelt so stark wie die unmittelbar benachbarte, hellglühende blanke Fläche.

Es leuchtet ein, daß die wesentliche Ursache der beobachteten Erscheinung die geringe Dicke des Bleches ist. Wäre das Blech so dick, daß die Ausstrahlung des schwarzen Teiles die Gleichförmigkeit der Temperatur über die ganze Fläche nicht beeinträchtigte, so würde man ganz zweifellos das schwarze Kreuz im glühenden Zustande hell auf dem schwächer strahlenden Grunde sehen. Durch den Platinpreis wird dieser Versuch zwar erschwert, man kann aber ebenso gut auch den schwarzen Teil sehr klein machen, etwa 3 mm im Durchmesser; dann leuchtet er auch bei dünnem Blech (0,01 mm) heller als seine Umgebung; nur kann man ihn nicht auf größere Entfernung beobachten.

Schließlich sei bemerkt, daß es unter sonst gleichen Verhältnissen eine bestimmte Blechdicke geben muß, bei der das blanke und das geschwärzte Metall für das Auge gleich hell strahlen, wenn auch vielleicht die Farbe des blanken Teils etwas ins Gelbliche spielen würde. Die mit einer Thermosäule gemessene Gesamtstrahlung der schwarzen Fläche würde aber wesentlich größer sein als die der blanken; auch müßte die geschwärzte Figur auf der Rückseite wieder dunkler erscheinen, da ja ihre Temperatur tiefer als die der Umgebung wäre.

Für die Praxis.

Kerzenfabrikation und Glyceringewinnung als Schulversuch. Von Dr. Ing. **H. Römisch** in Dresden. — Bei der Besprechung der Fette im chemischen Schulunterricht wurde es wohl immer als Mangel empfunden, auf einige Versuche von vornherein verzichten zu müssen, deren Bedeutung außer Frage steht, wie z. B. die Versuche der Kerzenfabrikation und der Glyceringewinnung.

Die Beschäftigung mit den Demonstrationsmöglichkeiten dieser Versuche führte als Ergebnis zu folgenden Versuchsausführungen.

1. Die Herstellung einer Kerze. Die Schwierigkeit des Versuches liegt in der Entfernung der Ölsäure. In der Industrie wird sie durch hydraulisches Abpressen mit etwa 200 at Druck entfernt. In der im folgenden beschriebenen Versuchsausführung wird sie — soweit für diesen Zweck notwendig — entfernt durch Auspressen in einem Tuch mit der Hand und darauffolgende weitere Entfernung durch Abstreichen auf einem Tonteller oder auf Filterpapier über einer Tonerdeschicht (Versuchsdauer etwa 45 Minuten).

Ein halbes Stück Seife, etwa 50 g, wird auf einem entsprechenden Reibeisen zerschnitzelt. Die Seifenschnitzel werden in eine verdünnte Säurelösung eingetragen (200 ccm Wasser und 20 ccm konzentrierte Salzsäure in einem ½-Liter-Becherglas); zur Abscheidung der Fettsäuren wird zum Sieden erhitzt. Nach Kochen unter Umrühren mit einem Holzstab während mehrerer Minuten scheiden sich plötzlich die Fettsäuren rein ab. Durch einen Scheidetrichter (oder einfachen Trichter mit Gummischlauchstück und Quetschhahn) werden die Säuren von der wässerigen Flüssigkeit getrennt.

Die Säuren werden in einem kleinen Becherglas unter Umrühren — um Zeit zu sparen bei Eiskühlung in 3 bis 5 Minuten — größtenteils zur Kristallisation gebracht. (Die Kristallisation über Nacht ergibt eine reinere Scheidung in Palmitin- bzw. Stearinsäurekristalle und in flüssige Ölsäure und ist also im gegebenen Falle zu empfehlen.) Das Gemisch darf dabei nicht vollkommen fest, sondern nur streng flüssig werden. Nun wird der Säurebrei zunächst zur groben Entfernung der Ölsäure in einem festen, dichten Leinentuch mit der Hand stark ausgepreßt. Zur weiteren Entfernung der Ölsäure wird der Brei etwa 10 Minuten auf einem porösen Tonteller dünn aufgestrichen. Stehen keine Tonteller zur Verfügung, dann wird die Entfernung der Ölsäure auf folgende Weise empfohlen: Der Kristallbrei wird auf einem glatten Bogen Filtrierpapier (etwa 25 cm × 20 cm) dünn aufgestrichen (Papierunterlage, die danach weggeworfen wird!). Dieser Bogen wird darauf auf eine ebenso große Tonerdepulverschicht (gewöhnliche Tonerde in 1 bis 2 mm hoher Schicht auf einer Papierunterlage ausgebreitet, breitgewalzt mit einem runden Holzstab!) gelegt und mit einem breiten Spachtel aufgedrückt. In etwa 20 Minuten, unter etwaigem weiteren Verstreichen des Kristallbreies, ist die Ölsäure aufgesaugt. Die von der Ölsäure stammenden fettigen Flecken des Filtrierpapiers sind verschwunden, und nur weiße Fettsäurekristalle bleiben zurück. Die Aufsaugwirkung der Tonerde gegenüber der Ölsäure ist so stark, daß der Arbeitsgang der Auspressung der Ölsäure weggelassen werden kann. Der Filterbogen (etwa 25 cm × 40 cm) muß dann nur zur völligen Entziehung der Ölsäure auf eine zweite, frische Schicht Tonerde aufgelegt werden. (Der Filterbogen wird nach 10 Minuten gefaltet, die vollgesaugte Tonerde wird abgeschabt und der Bogen auf eine neue Tonerdeschicht gelegt! Benötigte Tonerdemenge: 120 bis 150 g.)

Zuletzt wird das Fettsäuregemisch in einem kleinen Becherglas eingeschmelzt und in eine Form zur Herstellung einer Kerze ausgegossen. Unter Eiskühlung erstarrt die Mischung in kürzester Zeit. Die Form besteht aus einem einfachen Glasrohrstück (z. B. 15 cm lang, 1,5 cm Durchmesser), das auf der einen Seite, als Boden, durch ein gerades Korkstopfenstück verschlossen wird. Durch die Mitte des Korkes ist ein Docht gezogen, der unten durch einen kräftigen Knoten gehalten wird. Nach Eingießen der Fettsäuren wird der Docht der Straffung wegen durch einen zweiten oberen Kork gezogen und mit einer Zwinge festgehalten.

Durch einen Holzstab wird das feste Kerzenstück aus seiner Form ausgestoßen. Bei annähernd richtiger Dochtstärke muß es ähnlich einer normalen Kerze abbrennen.

Zur Ausführung dieses Versuches eignet sich nicht jede Seifensorte gleich gut. Durch verschiedene Probeversuche findet man aber leicht die Seife mit einem verhältnismäßig geringen Ölsäuregehalt. Es empfiehlt sich, um Zeit zu sparen, diesen Versuch parallel der Fettverseifung (bzw. Glyceringewinnung) auszuführen. Der Versuch eignet sich sehr gut für Schülerübungen.

2. Die Gewinnung des Glycerins. Die Schwierigkeit dieses Versuches liegt in der Isolierung des Glycerins aus der ausgesalzten Lauge. In der Technik wird das

Glycerin durch Abdestillation im Vakuumapparat rein erhalten. In der folgenden Versuchsbeschreibung wird es durch Extraktion der neutralisierten und eingeengten Lauge mit Brennspiritus und anschließende Abdestillation desselben gewonnen (Versuchsdauer ohne Fettverseifung etwa 1 Stunde).

75 g frisches Kokosfett werden — vorteilhaft in einem ¾-Liter-Emailletopf auf offener Flamme — verseift. Zunächst wird mit 75 ccm Wasser 5 Minuten lang vorgekocht. Dann erfolgt die Zugabe der Lauge: 75 ccm 25%-Natronlauge. Unter leichtem Kochen und öfterem Umrühren, wobei das verdampfende Wasser von Zeit zu Zeit ersetzt wird, ist nach etwa 30 bis 40 Minuten die Verseifung beendet. Das Ende der Verseifung wird daran erkannt, daß eine Probe sich beim Schütteln mit destilliertem Wasser in einem Reagenzglas klar auflöst. (Nach Absetzen des Schaumes sind beim Schütteln unter der Schaumschicht keine Öltropfen zu erkennen[1].)

Nach Aussalzen der Seife durch Zugabe von 250 ccm gesättigter heißer Kochsalzlösung (etwa 100 g Kochsalz) wird nach erfolgter Abkühlung die Lauge durch Gießen durch ein Leinentuch (Koliertuch) von der Seife getrennt. (Die Seife ist bei dieser reichlichen Kochsalzzugabe hart und meist krümelig.)

Die Lauge wird mit verdünnter Salzsäure neutralisiert und am besten in einer größeren Porzellanschale eingedampft. Nach Verdampfen von etwa einem Drittel der Flüssigkeit wird zur Entfernung eines Teiles der großen Kochsalzmenge und etwaiger noch vorhandener Seifenreste noch einmal durch ein Filter gegossen. Zur Entfernung ausgeschiedener Fettsäuren empfiehlt es sich, vor der Filtration etwas Tierkohle zuzugeben.

Darauf wird mit der Verdampfung des Wassers fortgefahren, bis das ausgeschiedene Kochsalz fast trocken ist (Beobachtung der Temperatur durch Umrühren mit einem Thermometer: Erwärmung bis etwa 120°!). Das Kochsalz muß so weit wie möglich entwässert werden, denn sonst geht zu viel davon mit in den Spiritusauszug über.

Der das Glycerin enthaltende Salzrückstand wird zweimal mit je etwa 80 ccm gewöhnlichem Brennspiritus ausgezogen. Nach Filtration werden die vereinigten Spiritusauszüge zunächst im Destillationsapparat (Siedesteine! Wasserbad!) eingedampft. Der Rückstand wird unter Ablesung der Temperaturen in einem kleinen Porzellantiegel weiter eingedampft (zunächst auf einem Asbestdrahtnetz, später über offener Flamme, unter Umständen unter Absaugen der Dämpfe mit der Wasserstrahlpumpe), bis der Siedepunkt auf annähernd 180° gestiegen ist. Die Glycerinausbeute beträgt etwa 3 g.

Das Glycerin wird als solches erkannt zunächst durch den hohen Siedepunkt, dann vor allem und am einfachsten durch seine ölige, die Haut einfettende Beschaffenheit (bei guter Trocknung des Salzrückstandes darf beim Verreiben des Glycerins sich kaum Salz feststellen lassen) und weiterhin durch den süßen Geschmack (man beobachte daneben den Geschmack des Kochsalzes usw.).

Es sei darauf verwiesen, daß auch dieser Versuch sich besonders für Schülerübungen eignet.

[1] Vgl. Lehrbuch der Chemie von HENNIGER-HEIDRICH-FRANCK, S. 251 (1930).

Berichte.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Über neuere Forschungen auf dem Gebiete der kosmischen Strahlung. Von R. PYRKOSCH in Breslau.

In dem letzten Bericht dieser Zeitschrift über die kosmische Strahlung [**46**, 75 (1933)] war von Versuchen die Rede, diese Strahlen durch starke magnetische Felder zu beeinflussen, die aber ergebnislos verliefen. MOTT-SMITH hat seine Versuche mit den 3 Zählrohren (l. c.) seitdem noch einmal mit vervollkommneten Mitteln aufgenommen, aber wieder mit negativem Erfolge [Physical Rev. **39**, 403 (1932)]. Unterdessen haben Untersuchungen auf anderem Wege zum Ziele geführt, indem man die WILSON-Kammer verwandte (vgl. dazu HOFFMANN: Probleme der Ultrastrahlung. Physikal. Zeitschr. **33**, 633). Schon im Jahre 1927 hatte SKOBELZYN (Zeitschr. Physik **43**, 354) bei Versuchen über COMPTON-Elektronen durch Kombination einer solchen

Kammer mit einem starken Magnetfeld von 15000 Gauß nicht merklich gekrümmte Bahnen gefunden, die sehr schnelle Korpuskeln vermuten ließen. Diese Versuche sind von ihm in den folgenden Jahren fortgesetzt worden [ANGER u. SKOBELZYN: Compt. rend. **189**, 55 (1929); SKOBELZYN: Compt. rend. **194**, 118 (1932)]. In der letzten dieser beiden Arbeiten berichtet er über das Ergebnis von 1100 Stereoskopaufnahmen mit 146 Höhenstrahlspuren, findet diese der Richtung nach gleichmäßig über das Himmelgewölbe verteilt und betrachtet sie als Sekundärstrahlung einer primären von elektromagnetischer oder korpuskulärer Natur, wobei die Richtungen der primären und sekundären Strahlung mehr oder weniger unabhängig voneinander sein sollen. Er bemerkt auch schon bei seinen ersten Versuchen das Auftreten mehrerer von einem gemeinsamen Zentrum ausgehender Strahlen. Dieselbe Erscheinung findet LOCHER [Physical Rev. **39**, 883 (1932)] auf seinen 148 Stereoskopaufnahmen, die 20 Gruppen von zwei- und mehrfachen Bahnen enthalten. Über das gleiche Phänomen berichten MILLIKAN und ANDERSON [Physical Rev. **40**, 325 (1932)] an Hand von 1000 WILSON-Kammeraufnahmen. Sie benutzten eine besonders für den Zweck konstruierte Kammer, die 6 Zoll lange Ionisationsspuren lieferte, und ein Magnetfeld von 18000 bis 20000 Gauß. Auf der einen Platte erhielt ANDERSON eine Gruppe von 12 gleichzeitigen Spuren [Physical Rev. **43**, 368 (1933)], von denen 7 an einem gemeinsamen Punkte entsprangen, während die übrigen von derselben Gegend der Kammer divergierten und in der Wand gestreut erschienen. Es gelingt ihnen der Nachweis, daß die Bahnen sowohl von positiv als auch negativ geladenen Teilchen herrühren, und sie kommen zu der Überzeugung, daß diese Teilchen aus Kernprozessen entstehen, die durch eine primäre elektromagnetische (Photonen-) Strahlung von 100 bis 500 Millionen Elektronvolt[1] ausgelöst werden.

WILSON-Kammer und Zählrohr zugleich wurden von MOTT-SMITH und LOCHER benutzt [Physical. Rev. **38**, 1399 (1931)]. Durch eine besondere Schalteinrichtung wurde festgestellt, daß mit dem Auftreten einer geradlinigen WILSON-Spur ein Ansprechen des benachbarten Zählrohrs zusammenfiel. Auf diese Weise wurde nachgewiesen, daß der Koinzidenzeffekt in Zählrohren wirklich durch den Durchgang eines ionisierenden Teilchens verursacht wird und nicht etwa durch Photonen. Es wurde keine Krümmung im Magnetfeld gefunden, obgleich Elektronen von $2 \cdot 10^9$ Elektronvolt, der von anderer Seite nahegelegten Energie der Höhenstrahlteilchen, noch hätten abgelenkt werden müssen.

Diese kombinierte Methode von WILSON-Kammer und Zählrohr ist von BLACKETT und OCCHIALINI dahin abgeändert worden, daß die gleichzeitige Entladung von zwei Zählrohren durch ein Höhenstrahlteilchen die Expansion in der Kammer auslöst [Nature **130**, 363 (1932)]. Während sonst die Höhenstrahlspuren nur auf wenigen Photographien einer großen Anzahl auftraten, wurden sie nun auf 75% gefunden. Die Kammer hat ein Zählrohr oben und eines unten, so daß ein Strahl, der durch beide Rohre geht, auch den beleuchteten Teil der Kammer passieren muß. Wenn die Kammer zurechtgemacht ist, wird eine Koinzidenz abgewartet. Sie tritt nach etwa 2 Minuten ein, und ein Relais löst die Expansion aus. Die Methode ist recht zeitsparend im Vergleich zu der gewöhnlichen, hat aber den Nachteil, daß das starke magnetische Feld mehrere Minuten lang aufrechterhalten werden muß, während es bei den Aufnahmen wie denen von MILLIKAN und ANDERSON nur während eines Bruchteils einer Sekunde gebraucht wird. Unter 100 stereoskopischen Paaren von Photographien zeigten 59 die Spur eines Höhenstrahlteilchens, das beide Rohre durchsetzt hatte; 17 zeigten vielfache Spuren oder eine einzelne durch nur ein Rohr, 24 waren spurenlos. Nur 10% waren merkbar gekrümmt unter dem Einfluß eines Feldes von 2000 Gauß. Unter der Annahme, daß es Elektronen waren, lag ihre Energie zwischen 2 und 20 Millionen Volt. Die Energie der fast geraden Spuren wurde im Elektronenfalle auf mehr als 600 Millionen Volt, im Protonenfalle auf mehr als 200 Millionen Volt geschätzt.

In Deutschland sind solche Versuche vor kurzem von KUNZE in Rostock ausgeführt worden [Zeitschr. Physik **80**, 564 (1933)]. Das Hauptproblem der Versuchsanordnung war die Erzeugung eines gut homogenen Magnetfeldes von etwa 18000 Gauß für die WILSON-Kammer mittlerer Größe. Es wurde der elegante, aber technisch schwierige Weg der eisenlosen Stromspule gewählt. Die Arbeit wurde in die Gleichstromzentrale der Stadt Rostock verlegt, wo täglich in den stromarmen Morgenstunden zwei eiserne Quecksilbergroßgleichrichter vom Stadtnetz abgetrennt und zur Verfügung gestellt wurden. Sie lieferten in Parallelschaltung 500 Volt und 1000 Ampere und dienten zur Speisung der wassergekühlten Stromspule, die bei Zimmertemperatur einen Widerstand von $^1/_2$ Ohm und ein Gewicht des Wickelkupfers von 1100 kg hatte. Es wurden auf 75 Platten 61 Einfachspuren, 13 Doppelspuren und 1 Dreifachspur, zusammen also 90 Spuren, erhalten, aus deren Krümmung nach geeigneten Voraussetzungen über Ladung, Masse und Einfallsrichtung der Partikeln ihre Energie berechnet wurde. Die schnellste meßbare Partikel hatte 2660 Millionen Volt, zwei andere nicht mehr ausmeßbare sicher mehr als 3500 bzw. 9200 Millionen Volt. Zum Vergleiche sei hier bemerkt, daß die härtesten radioaktiven γ-Strahlen eine Energie von der Größenordnung $2^1/_2$ Millionen Volt besitzen. Positiv geladene Ultrapartikel waren etwas häufiger als negative.

Wie schon in früheren Berichten dieser Zeitschrift erwähnt wurde, war man seit der Entdeckung der Ultrastrahlung bemüht gewesen, einen Einfluß des erdmagnetischen Feldes nachzuweisen, der im Falle elektrisch geladener Partikel in einer Zusammendrängung dieser Strahlung

[1] Im folgenden meist einfach mit Volt bezeichnet.

nach den Polregionen der Erde hätte bestehen sollen. Während die früheren Versuche, eine Abhängigkeit der kosmischen Strahlung von der geographischen Breite nachzuweisen, fehlgeschlagen waren [vgl. diese Zeitschr. **46**, 77 (1933)], sind in letzter Zeit sehr beachtenswerte positive Ergebnisse erzielt worden. Nachdem schon im Jahre 1928 bei einer Reise zwischen Genua und Batavia und 1929 zwischen Batavia und Amsterdam deutliche Variationen der Ultrastrahlung festgestellt worden waren, haben CLAY und BERLAGE [Naturw. **20**, 687 (1932)] eine dritte Reise von Genua bis Singapore ausgeführt. Vorher hatten sie zwei gleichartige Ionisationsapparate anfertigen lassen und diese in Amsterdam miteinander verglichen. Der eine wurde auf dem Postdampfer installiert, während mit dem andern die Beobachtungen in Amsterdam fortgesetzt wurden. Die Unterschiede zwischen den gleichzeitigen Angaben der beiden Instrumente entsprachen genau den Ergebnissen der beiden früheren Reisen.

Die Wirkung des magnetischen Erdfeldes auf Partikeln hoher Geschwindigkeit, die aus dem Weltenraum auf die Erde gelangen, haben unter anderen EPSTEIN [Proc. Nat. Acad. Amer. **16**, 658, (1930)] und STÖRMER [Proc. Nat. Acad. Amer. **17**, 62 (1931)] berechnet. Für Elektronen von 10^9 Volt ergeben sich zwei Zonen von etwa 32° um die magnetischen Pole, innerhalb deren sie die Erde erreichen können; die Erdoberfläche außerhalb dieser Zonen müßte von ihnen frei sein. Da in Wirklichkeit die Höhenstrahlung auf der ganzen Erde angetroffen wird, müßten Korpuskeln von noch höherer Energie, 10^{10} bis 10^{11} Volt, an ihr beteiligt sein, oder die primäre Strahlung müßte aus Photonen oder Neutronen bestehen, die von einem magnetischen Felde nicht beeinflußt werden. Eine noch eingehendere Theorie zu dieser Frage ist kürzlich von LEMAÎTRE und VALLARTA [Physical Rev. **43**, 87 (1933)] aufgestellt worden, um die großzügigen Forschungen von A. H. COMPTON und seiner mehr als 60 Mitarbeiter zu prüfen, über die dieser in Physical Rev. **43**, 387 (1933) berichtet. Es handelt sich dabei um die Ergebnisse der Ultrastrahlungsmessungen von 8 verschiedenen Expeditionen an 69 Stationen, die an geeigneten Orten über die Erde verteilt wurden. Jede von ihnen benutzte eine kugelförmige Stahlionisationskammer, die mit Argon von 30 Atmosphären Druck gefüllt, mit einem LINDEMANN-Elektrometer verbunden und mit 2,5 cm Bronze plus 5,0 cm Blei abgeschirmt war. Die Messungen wurden in der Weise angestellt, daß die von der kosmischen Strahlung herrührende Ionisation mit der einer Radiumkapsel in bestimmter Entfernung verglichen wurde, nachdem die zu den einzelnen Apparaten gehörigen Kapseln miteinander verglichen worden waren. Dabei werden als Fehlerquellen erörtert: mangelhafte Isolation und Absorption, lokale Gammastrahlung, radioaktive Infektion der Kammer und Schirmwirkungen, die von der Umgebung herrührten. Die für verschiedene Breiten aufgenommenen Kurven, die die Abhängigkeit der Ultrastrahlungsintensität von der Höhe angeben, zeigen nicht nur die längst bekannte rasche Zunahme mit der Höhe, sondern auch, daß für jede Höhe die Intensität in hohen Breiten größer ist als nahe dem Äquator. Im Meeresniveau ist die Intensität in hohen Breiten $14 \pm 0{,}6\%$ größer als am Äquator, in 2000 m Höhe um 22% und in 4360 m um 33%. Diese Variation richtet sich nach der geomagnetischen Breite genauer als nach der geographischen und ist besonders steil zwischen den geomagnetischen Breiten 25° und 40°. Nach den Überlegungen von LEMAÎTRE und VALLARTA, die mit diesen Ergebnissen gut übereinstimmen, müssen in dieser Weise verteilte Partikeln, wenn sie Elektronen sind, mindestens mehrere 100 km weit von der Erdoberfläche entstanden sein. Ferner ist nach dieser Theorie zu erwarten, daß für vorherrschend negative Partikeln in der Region sich rasch ändernder Intensität zwischen 25° und 40° Strahlen von Osten her, für positive dagegen Strahlen vom Westen her überwiegen sollten. Darüber sind in der letzten Zeit Untersuchungen angestellt worden, indem die Methode der Koinzidenzen zweier Zählrohre verwendet wurde [vgl. JOHNSON: The Azimuthal Asymmetry of the Cosmic Radiation. Physical Rev. **43**, 834 (1933) und A Positively Charged Component of Cosmic Rays. Physical Rev. **43**, 835 (1933)] mit einem Ergebnis zugunsten positiver Partikeln.

In einem früheren Bericht dieser Zeitschrift [**43**, 170 (1930)] ist bereits die Rede davon gewesen, daß möglicherweise bei Gewittern geladene Partikeln ausgelöst werden könnten mit Energien, wie sie bei der kosmischen Strahlung auftreten, und von Untersuchungen MILLIKANS zu dieser Frage, die negativ verliefen. Diese Untersuchungen sind neuerdings von SCHONLAND wieder aufgenommen worden [Evidence of a Penetrating Radiation from Thunderstorms. Nature **130**, 399 (1932)]. Sie wurden in Südafrika mit der Zählrohrmethode ausgeführt. Nach ihnen scheint es, daß während gewisser ferner Gewitter die Zahl der Koinzidenzen zwischen Zählrohrstößen und Blitzen viel erheblicher ist, als dem Zufall zugeschrieben werden kann. Bei 7 verschiedenen Gewittern war die Zahl der Stöße während $^1/_{100}$ Sekunde Blitzzeit 3,3- bis 11,4mal so groß als im Durchschnitt zu erwarten war. Diese Gewitter waren sämtlich 30 bis 60 km entfernt; über dem Kopfe stehende Gewitter hatten keinen Einfluß. Demnach scheint bei einem Blitze eine nach oben gerichtete Strahlung ausgesandt zu werden, die vielleicht durch das magnetische Feld der Erde nach unten gekrümmt wird und in größerer Entfernung die Erdoberfläche erreicht.

Auf eine andere möglicherweise in Betracht kommende Energiequelle für durchdringende Strahlung hat SWANN aufmerksam gemacht [Physical Rev. **43**, 217 (1933)]. Er zeigt, daß das Anwachsen magnetischer Felder auf Sternen der Art, wie sie in Sonnenflecken auftreten, nach dem FARADAYschen Induktionsgesetz elektrische Felder erzeugen kann, die wohl imstande sind, Elektronen Energien von der Größenordnung 10^{10} Volt zu erteilen, die bei der kosmischen

Strahlung eine Rolle spielen könnten. Bei den Sonnenflecken selbst kämen allerdings nur Elektronen bis zu 10^9 Volt in Frage, und es wird vermutet, daß sie an den Nordlichtphänomenen beteiligt sind. Ihre Geschwindigkeit würden sie im besonderen dadurch erhalten, daß sie von dem das magnetische Feld erzeugenden elektrischen Strome abgestoßen und so von dem Fleck weggeschleudert werden.

In dem Berichte des Jahrgangs 44, S. 82 dieser Zeitschrift wurden die sog. Übergangseffekte erwähnt, die in der Übergangszone der kosmischen Strahlung von einem Medium in ein anderes entstehen und auf einer in den absorbierenden Medien ausgelösten Sekundärstrahlung beruhen. Die Folge davon ist, daß die durch Ionisation gemessene Intensität abhängig ist von dem Material und der Wandstärke des Gefäßes, was erhebliche Abweichungen in den Angaben verschiedener Ionisationskammern zur Folge haben kann. Diese Sekundärstrahlung ist in letzter Zeit eingehend von ROSSI untersucht worden [Physikal. Zeitschr. **33**, 304 (1932)]. Der Grundgedanke war dabei, daß, wenn die durchdringende Korpuskularstrahlung in geeignetem Material sekundäre Strahlen erzeugt, in ihren Bahnen Verzweigungen auftreten müßten, deren Feststellung die Sekundärstrahlung am sichersten nachweisen würde. Zu diesem Zweck wurden 3 Zählrohre mit parallelen, aber nicht in einer Ebene liegenden Achsen verwandt und die dreifachen Koinzidenzen gezählt. Diese können, abgesehen von den seltenen zufälligen nur dann auftreten, wenn sich in der Nähe der Röhren von einem Primärstrahl ein sekundärer abzweigt. In der Tat wurden bei allseitiger Abschirmung der Anordnung $35{,}5 \pm 1{,}3$ Koinzidenzen pro Stunde gezählt, während beim Abheben des oberen Panzerteils die Zahl auf $10 \pm 0{,}5$ herabsank. Die Entstehung einer Sekundärstrahlung beim Durchgang der Korpuskularstrahlung durch Blei ist somit als bewiesen zu betrachten. Die Folge davon ist, daß eine Panzerung bei dünner Schichtdicke zuerst eine Zunahme der Ionisation bewirkt und erst von einer gewissen Dicke an Abnahme.

Über solche Sekundärstrahlung berichtet auch BENADE [Nature **130**, 699 (1932)]. Seine Messungen wurden auf einem Himalajagipfel von 19500 Fuß Höhe ausgeführt, und ihre Ergebnisse zeigen deutlich, daß die Ionisation in einer Ionisationskammer teilweise von einer Sekundärstrahlung herrührt, die in der Kammerwand und anderen umgebenden Medien durch kosmische Strahlung erzeugt wird. Der benutzte Apparat war ein LINDEMANN-Elektrometer mit dünnwandigem Al-Gefäß und 6 Schirmen verschiedenen Materials. Diese waren soweit als möglich von gleicher Größe und Gewicht, so daß die Masse je Einheitsfläche dieselbe war und die Absorptionswirkung an sich für alle dieselbe hätte sein sollen. Im Gegensatz dazu zeigten die Ablesungen, daß ein dünner Schirm schweren Metalls die Ionisation vergrößerte, während ein Papierschirm sie verkleinerte. Hierdurch erklärt sich auch die Bedeutung der Messungen in Wasser, wie der von MILLIKAN und REGENER, über die früher berichtet wurde. Zwischen Luft und Wasser ohne radioaktive Beimengungen gibt es keine Übergangseffekte, da beide Medien niedriger Ordnungszahl sind, und die Streuung der kosmischen Strahlung ist in ihnen annähernd dieselbe, so daß die Messungen im Wasser denen in der freien Atmosphäre gleichkommen.

Eine besondere Art von Ionisationsstößen der kosmischen Strahlung wurde zuerst von HOFFMANN bemerkt, die sich durch plötzliche Elektrometerbewegungen kundtaten, denen Millionen von Ionen entsprechen mußten. Sie traten nur selten auf, und es lag zuerst nahe, an Apparatstörungen zu denken. Da sie aber aufhörten, als die Apparatur in ein Bergwerk gebracht und die kosmische Strahlung abgeschirmt wurde, deutete man sie als Atomzertrümmerungen im Bleimantel. Ein Atomkern scheint dabei vollkommen gesprengt zu werden, wodurch eine Garbe sehr schneller Korpuskeln ausgelöst wird, die die intensive Ionisation bewirken und eine Reichweite in Blei von mindestens 20 cm haben (HOFFMANN u. PFORTE: Physikal. Zeitschr. **31**, 347; PFORTE: Zeitschr. Physik **65**, 92; STEINKE u. SCHINDLER: Zeitschr. Physik **75**, 115; MESSERSCHMIDT: Naturwiss. **21**, 285). Damit ergibt sich auch eine Erklärung für die Mehrfachbahnen in WILSON-Kammern, von denen oben die Rede war. COMPTON hat bemerkt, daß diese Atomzertrümmerungen in hohen Breiten viel häufiger sind als in niedrigen, und entsprechend hat TH. H. JOHNSON gefunden, daß sie auf dem Gipfel eines Berges an Zahl bedeutend die am Fuße beobachteten überwiegen [Physical Rev. **43**, 307 (1933)]. Daraus wird geschlossen, daß sie hauptsächlich durch die weicheren Komponenten der kosmischen Strahlung verursacht werden.

Besonders hervorzuheben sind die Fortschritte, die während der letzten Jahre in der Erforschung der kosmischen Strahlungsintensität der höheren Atmosphärenschichten gemacht worden sind. Es sei hier kurz an die ersten Ballonfahrten von GOCKEL, HESS und KOLHÖRSTER in den Jahren 1911 bis 1913 erinnert und an die Aufstiege von Registrierballons, die von MILLIKAN und seinen Mitarbeitern im Jahre 1922 ins Werk gesetzt wurden (vgl. diese Zeitschr. **40**, 276). Von den neueren Unternehmungen, die die Untersuchung der kosmischen Strahlung in großen Höhen zum Zweck hatten, sind aus anderen Gründen die beiden Ballonaufstiege von PICCARD in den Jahren 1931 und 1932 bekanntgeworden [Naturwiss. **20**, 592 (1932) und Compt. rend. **195**, 71 (1932)]. Als Ergebnis des ersten Aufstiegs gibt PICCARD einen Wert von 197 Ionenpaaren je Kubikzentimeter und Sekunde bei 78 mm Hg Luftdruck an. Bei seinem zweiten Aufstiege am 8. Oktober 1932 erreichte er eine Höhe von fast 18 km bei 73 mm Hg Luftdruck. Dabei nahm er eine Höhenkurve der Ionisation durch die kosmische Strahlung auf und untersuchte ferner mit einem Zählrohr ihre Richtungsverteilung. Während an der Erdoberfläche mit diesem Instrument die Vertikale als Vorzugsrichtung erkannt wird, konnte PICCARD in großer Höhe diesen Effekt nicht

bestätigen und schließt, daß die Strahlung hier in allen Richtungen gleichmäßig ist.

Die von MILLIKAN zuerst zur Untersuchung der kosmischen Strahlung herangezogene Methode der Registrierballone wurde im Jahre 1932 auch von REGENER mit Erfolg angewendet [Messung der Ultrastrahlung in der Stratosphäre. Naturwiss. **20**, 695 (1932)]. Er benutzte dazu ausdehnbare Gummiballone, wie sie von ASSMANN und HERGESELL angegeben worden sind, deren Hülle mit zunehmender Höhe immer dünner wird, aber bei fehlerfreiem Gummi erst bei einer Dicke von $^1/_{50}$ bis $^1/_{70}$ mm platzt. Mit solchen Ballonen sind bei meteorologischen Versuchen 30 bis 35 km Höhe erreicht worden. Das selbstregistrierende Elektrometer war bei den REGENERschen Aufstiegen nach demselben Prinzip aufgebaut wie das für die Registrierungen im Bodensee gebrauchte [diese Zeitschr. **44**, 79 (1931)]; außerdem war für Registrierung der Temperatur und des Luftdrucks gesorgt. Schwierigkeiten verursachte die tiefe Temperatur in der Stratosphäre. Um diese zu beheben, wurde der ganze Registrierapparat in eine Gondel aus Fichtenholzstäben eingebaut, die gleichzeitig als Schutz bei dem Aufprall der Landung diente. Diese Gondel war in der unteren Hälfte mit Al-Folie, in der oberen mit durchsichtigem Cellophan beklebt. Die infolge „Treibhauswirkung" eingefangene Strahlung sollte auf diese Weise die Wirkung der äußeren Kälte kompensieren. Diese Einrichtung bewährte sich gut. Bei dem letzten und gelungenen Aufstieg vom 12. August 1932 stieg die Temperatur in der unteren Troposphäre bis etwa 3,5 km Höhe stark an, auf etwa $+ 37^0$; die verminderte Temperatur der oberen Luftschichten bewirkte einen Rückgang auf $+ 15^0$ bei etwa 12 km Höhe. In der Stratosphäre setzte wieder ein Überwiegen der stärkeren Strahlung ein, so daß bei der größten Höhe von 25 bis 26 km abermals $+ 36^0$ erreicht waren. Da ein Ballon von 2,5 m Durchmesser nicht genügend Auftrieb gab, wurden mindestens zwei von ihnen benutzt. Damit konnte auch das von HERGESELL angegebene „Tandem"-Verfahren angewendet werden, bei dem der eine der beiden Ballone platzt, während der andere mit dem Apparat zur Erde geht und das Auffinden sehr erleichtert.

Die bei dem Aufstiege vom 12. August 1932 erhaltene Höhenionisationskurve ist nachträglich von REGENER verbessert worden, indem die Abhängigkeit der Ionisation von dem Gasdruck in der Ionisationskammer berichtigt wurde, und die so erhaltene Kurve stimmt mit der der KOLHÖRSTERschen und PICCARDschen Ballonfahrten gut überein (Physikal. Zeitschr. **34**, 306). Bevor auf sie näher eingegangen wird, seien noch Unternehmungen zur Erforschung der Ultrastrahlung in großen Höhen erwähnt, die außer denen von PICCARD und REGENER ausgeführt worden sind. Fast gleichzeitig mit den letzteren haben BOWEN und MILLIKAN ihre Versuche mit Registrierballonen nach hoher Vervollkommnung der technischen Ausrüstung wieder aufgenommen. Bei drei Aufstiegen wurden Höhen erreicht, die Drucken von 79, 32 und 16 mm Hg entsprachen, und bei zwei von ihnen verläßliche Elektrometerablesungen bis zu Drucken von 88 und 61 mm erhalten (Physical Rev. **43**, 695). Sie ermöglichten es, eine Ionisationshöhenkurve bis zu 61 mm Druck oder 92% der Höhe der Atmosphäre herzustellen, die denen von PICCARD und REGENER durchaus entspricht.

Wir kommen zu der dritten Art von Unternehmungen, die auf der Benutzung von Flugzeugen beruhen. Dazu war eine neue Vervollkommnung nötig, um die Apparatur gegen Erschütterungen, wie sie bei den Vibrationen des Flugzeugs unvermeidlich sind, unempfindlich zu machen. Sie wurde mit großem Geschick von NEHER, einem Mitarbeiter von MILLIKAN, geleistet, der selbstregistrierende Instrumente konstruierte, die ebenso einwandfrei in einem Automobil oder Eisenbahnzuge, ja sogar in einem herabgehenden Flugzeuge arbeiten wie in einem Laboratorium. Mit weitgehender Unterstützung des Armeeluftkorps der Vereinigten Staaten wurden nun im April und Juni 1933 Flüge über Marchfield in Kalifornien unter 34° nördlicher Breite ausgeführt, wobei das Flugzeug in verschiedenen Höhen bis zu 29200 Fuß lange genug horizontal flog, um das Elektroskop in jeder Höhe dreimal über seinen ganzen Meßbereich zu entladen [Physical Rev. **44**, 246 (1933)]. Die gewaltige Steigerung der Ionisation mit der Höhe geht z. B. daraus hervor, daß sie von 22000 Fuß, entsprechend 4,49 m Wasser unter der Oberfläche der Atmosphäre, bis zu 29000 Fuß, 3,34 m Wasser, mehr als verdoppelt wird, obgleich dieser Höhenunterschied nur ein Zehntel der Atmosphäre ausmacht. Bei der Breite von Marchfield war zu vermuten, daß unter den kosmischen Strahlen noch magnetisch ablenkbare vorhanden sein würden, die im Äquatorgürtel nicht zu erwarten wären. Um diese Vermutung zu prüfen, wurde ein Flug zwischen Christobal im Panamagebiet und Balboa (8° 43′ n. Br.) unternommen, wobei das Flugzeug je 45 Minuten lang in Höhen von 16000, 19000 und 22000 Fuß flog. Ein ähnlicher Flug wurde zwischen Arequipa in Peru (17° s. Br.) und Lima (12° s. Br.) ausgeführt. Die in den beiden Flügen gewonnenen Ionisationskurven stimmen vollkommen überein, so daß zwischen Panama und Arequipa kein Breiteneffekt vorhanden ist, was bei der großen Ionisation von 379 Ionen je Kubikzentimeter und Sekunde in 22000 Fuß Höhe sehr überzeugend zum Ausdruck kommt. Dagegen zeigt diese Kurve einen sehr deutlichen Unterschied gegen die von Marchfield, der in 22000 Fuß Höhe 39° der Ionisation beträgt und den magnetisch ablenkbaren Bestandteilen zuzuschreiben ist. Er nimmt allerdings mit der Höhe so stark ab, daß jene Bestandteile im Meeresniveau schon recht schwach und in geringen Wassertiefen nicht mehr vorhanden sein dürften. Die Autoren schließen daraus, daß die Analysis der Ionisationskurve von MILLIKAN und CAMERON vom Jahre 1931 [vgl. diese Zeitschr. **46**, 76 (1933)], soweit sie den Teil etwa unter 15 m Wasser, vom Gipfel der Atmosphäre an gerechnet, anbetrifft, weiterhin zu Recht besteht, daß aber die Flüge im Äquatorgebiet eine zuverlässigere Zerlegung der magnetisch nicht ablenkbaren

Strahlung bis zum höchsten erreichten Punkt von 4,5 m Wasseräquivalent erlaubten als früher. Sie ergänzen daher die alte Kurve von 7,5 m Wasseräquivalent an bis zu 3,34 m für die Breite 34° und bis zu 4,5 m im Äquatorgebiet. Die Analyse der letzteren ergibt mindestens 3 Bestandteile mit den Absorptionskoeffizienten 0,5; 0,07 und 0,015 je Meter Wasser, von denen die letzten beiden nahe den bereits früher erhaltenen sind, während die weichste erst jetzt in ihrer vollen Bedeutung hervortritt. Sie bewirkt allein 90% der Ultrastrahlenabsorption in der Atmosphäre. Indem die Autoren noch die Ergebnisse der BOWEN-MILLIKANschen Stratosphärenuntersuchungen hinzunehmen und bis zum Gipfel der Atmosphäre extrapolieren und desgleichen die REGENERschen Tiefwasseranteile der Kurve hinzufügen, gelingt es ihnen, eine Intensitätskurve der kosmischen Strahlung von den tiefsten Tiefen bis zur größten Höhe herzustellen. In ähnlicher Weise hat REGENER auf Grund seiner Untersuchungen eine solche Kurve erhalten und analysiert (Physikal. Zeitschr. **34**, 306). Beide Kurven zeigen einen S-förmigen Verlauf, d. h. steigen zuerst steil an und biegen dann in der Nähe des Gipfels um, so daß sie konkav nach unten sind. Sie zeigen also einen in den obersten Schichten der Atmosphäre abnehmenden Absorptionskoeffizienten an, was von den Autoren so gedeutet wird, daß eine mit ihren Sekundärstrahlen noch ungesättigte Primärstrahlung nicht korpuskularer Art in die Atmosphäre eintritt.

Auch von MOTT-SMITH und HOWELL sind mit Hilfe des Luftkorps der U.S.A. Flugzeugmessungen der kosmischen Strahlung ausgeführt worden [Physical Rev. **44**, 4 (1933)]. Dabei wurde eine Tages- und eine Nachtzeitintensitätskurve von 1000 bis 27000 Fuß aufgenommen, die Absorption in einigen Zentimetern Blei in verschiedenen Höhen gemessen und in 27000 Fuß Höhe der Intensitätsverlauf der Strahlung während der Sonnenfinsternis am 31. August 1932 verfolgt. Im Gegensatz zu ihren Vorgängern finden die beiden Forscher keine Abnahme des Absorptionskoeffizienten über 20000 Fuß; die Bleiabsorptionsmessungen lassen charakteristische Änderungen des Übergangseffekts mit der Höhe erkennen; eine wesentliche Abnahme der Strahlungsintensität während der Nacht war selbst in den größten erreichten Höhen nicht zu bemerken, ebenso keine Änderung während der Sonnenfinsternis. Durch graphische Integration seiner Kurve hat MILLIKAN gezeigt, daß die Gesamtenergie der die Erde erreichenden Ultrastrahlung ungefähr die Hälfte von der ist, die von den Sternen in Form von Licht und Wärme kommt. Dies macht die Energie dieser Strahlung im Universum 30- bis 300mal so groß wie die aller anderen Strahlungen zusammen (Physical Rev. **44**, 246). Ähnliche Folgerungen hat REGENER aus seiner Kurve gezogen [Zeitschr. Physik **80**, 666 (1933)]. Er extrapoliert aus ihr für die Oberfläche der Atmosphäre eine Intensität von 333 Ionenpaaren je Kubikzentimeter und Sekunde in Luft von Normalzustand, was ungefähr 150mal soviel wie die Ionisation im Meeresniveau ist. Er findet ferner als den auf 1 qcm der Erde fallenden Energiestrom der Ultrastrahlung $3{,}53 \cdot 10^{-3}$ erg $\cdot$ sec$^{-1} \cdot$ cm^{-2}, was für die gesamte Erde $1{,}8 \cdot 10^{16}$ erg $\cdot$ sec^{-1} oder 2,4 Millionen PS ausmacht und nahe gleich dem ist, der als Licht und Wärme von den Fixsternen kommt.

Korpuskeln und Wellen. Von E. HIEDEMANN in Köln.

1. Historisches.

Bis zur Jahrhundertwende glaubte man sehr bestimmte Ansichten über die Natur von Strahlung und Materie zu besitzen. Die Struktur der Materie, nach der damaligen Vorstellung, war eine streng atomistische. Die Materie sollte aus kleinsten korpuskularen Teilchen, den Atomen, bestehen. Die Strahlung hatte keinen korpuskularen Charakter; sie sollte in raumzeitlich-periodischen Vorgängen, in Wellen bestehen, welche sich kontinuierlich ausbreiten sollten. Der, wie man damals annahm, grundsätzliche Unterschied zwischen korpuskularer und Wellennatur, zwischen Strahlung und Materie ist in der heutigen Physik verschwunden. An seine Stelle ist ein Dualismus zwischen korpuskularer und Wellennatur getreten. Es hat sich gezeigt, daß auch die Strahlung korpuskulare Eigenschaften besitzt und die Materie Wellencharakter zeigt.

Der historischen Entwicklung nach wurde zuerst die korpuskulare Natur der Strahlung erkannt und später erst die Wellennatur der Materie. Es wurde zuerst von NEWTON ein korpuskularer Charakter der Strahlung angenommen, jedoch hatten die Erscheinungen der Interferenz und Beugung nach den Untersuchungen von HUYGENS, YOUNG und FRESNEL die Wellennatur des Lichtes einleuchtend bewiesen; keine Beweise lagen für eine korpuskulare Natur der Strahlung vor. Zudem nahm man — wenn auch logisch nicht berechtigt — an, daß korpuskularer Charakter und Wellennatur einander ausschließende Eigenschaften seien. Die Wellentheorie des Lichtes aber hatte sich auch gegenüber den verwickeltesten Erscheinungen glänzend bewährt. Die Deutung dieser Wellen allerdings hatte eine tiefgreifende Änderung durchgemacht.

2. Lichtkorpuskeln.

Von der Annahme quasi-mechanischer Ätherwellen war man zur MAXWELLschen Theorie des Lichtes als elektromagnetischer Wellen übergegangen. Die elektromagnetische Lichttheorie war dann noch von H. A. LORENTZ durch eine geeignete Verknüpfung vom kontinuierlich veränderlichen Feld mit den atomistischen Elementarteilchen der Materie, auf welche das Feld wieder zurückwirkt, zu der Elektronentheorie ausgebaut worden. Sie hatte ihren Siegeslauf noch nicht vollendet, noch standen ihr so schöne Erfolge wie die Erkenntnis der Röntgenstrahlen als elektromagnetische Wellen bevor, da wurde bereits der Grundstein für die revolutionäre Änderung unserer Ansichten über die Natur des Lichtes gelegt.

Zur theoretischen Herleitung der empirisch festgestellten Gesetze der Wärmestrahlung hatte

PLANCK seine Quantentheorie geschaffen. Nach dieser Theorie sollte die Emission des Lichtes mit einer atomistischen Struktur behaftet sein. Ein zur Emission von Strahlungsenergie befähigtes Gebilde, ein PLANCKscher Oszillator, sollte Lichtenergie nur in diskreten Energiebeträgen abgeben können; wobei die Energie E das Produkt aus der Frequenz ν und einer Konstanten h, dem sog. PLANCKschen Wirkungsquantum, sein sollte: $E = h \cdot \nu$. In der ersten Formulierung der Quantentheorie sollte auch die Absorption von Licht quantenhaft erfolgen, doch hatte diese Annahme auf Denkschwierigkeiten geführt, und es war eine Ableitung der Quantentheorie auch mit Hilfe der Annahme quantenhafter Emission und kontinuierlicher Absorption gelungen. Es war also der atomistische Charakter in den Strahlungserzeuger verlegt worden; das Licht selbst hatte noch einen kontinuierlichen Charakter.

Die buchstäbliche Verlegung der atomistischen Struktur gelang dagegen nicht mehr bei der Erklärung des lichtelektrischen Effekts. Es zeigte sich, daß bei Bestrahlung von Metallen mit Licht aus dem Metall Elektronen austreten. Die Austrittsgeschwindigkeit der Elektronen war nur von der Natur des Metalles und der Frequenz des Lichtes, dagegen nicht von der Intensität des Lichtes abhängig. Von der Lichtintensität hing lediglich die Zahl der Elektronen ab. Das bedeutet aber, daß jedes Elektron das gleiche Quantum Lichtenergie von Licht bestimmter Frequenz erhält. Um hiermit den kontinuierlichen Charakter des Lichtes in Einklang zu bringen, stellten DEBYE und SOMMERFELD, gedanklich auf LORENTZ zurückgreifend, eine Theorie auf, die EDDINGTON gelegentlich sehr kennzeichnend eine „Ratenzahlungstheorie" nannte. Das auffallende Licht sollte kontinuierlich absorbiert, d. h. in beliebig kleinen Raten eingezahlt werden, die eingezahlte Energie sollte sich akkumulieren, bis der volle Betrag erreicht war. Dann erst sollte sich das Elektron vom Atom loslösen und hatte dann eine gequantelte Energie. Aus dieser Theorie ließ sich aber eine Akkumulationszeit berechnen, welche sich experimentell hätte feststellen lassen müssen. Die Versuche von EDGAR MEYER und W. GERLACH widersprachen aber dieser Voraussage. Diese Forscher bestrahlten kleine Metallstäubchen mit ultraviolettem Licht. Hierdurch werden Photoelektronen ausgelöst, die Teilchen also positiv aufgeladen. Wie bei der MILLIKANschen Methode zur Bestimmung der elektrischen Elementarladung wurden hier die positiven Metallstäubchen durch ein elektrisches Feld, welches der Schwerkraft entgegengerichtet war, in der Schwebe gehalten. Diese Anordnung erlaubte eine Beobachtung des Aufladungsvorganges: Wenn ein solches schwebendes Metallstäubchen durch einen lichtelektrischen Effekt ein weiteres Elektron verliert, so ist seine Ladung größer geworden, und es muß eine Beschleunigung erhalten. Läßt man in einem bestimmten Zeitmoment auf solche Metallteilchen plötzlich Licht auffallen, so verlangt die Theorie der kontinuierlichen Absorption eine endliche Akkumulationszeit von der Größenordnung einiger Sekunden, vor deren Ablauf nach Beginn der Bestrahlung keine Photoelektronen ausgesandt werden dürften. Für die Versuchsanordnung bedeutete dies, daß keine Beschleunigung von Metallteilchen vor Ablauf dieser Zeit bemerkbar werden dürfte. Man beobachtete aber im Gegenteil sofort nach Einsetzen der Bestrahlung eine plötzliche Beschleunigung von schwebenden Teilchen, d. h. eine Emission von Photoelektronen ohne Einhaltung der Akkumulationszeit. Durch diese Versuche wurde die Theorie der kontinuierlichen Absorption experimentell widerlegt. Es hatten sich außerdem noch andere Denkschwierigkeiten bei dieser Ratenzahlungstheorie ergeben, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll.

Die Widersprüche verschwinden in der kühnen Hypothese der Lichtquanten, welche von EINSTEIN aufgestellt wurde. EINSTEIN behauptete, daß nicht nur die Emission, sondern auch die Absorption von Licht gemäß der alten PLANCKschen Theorie quantenhaft erfolge. Er versuchte aber nicht mehr, die quantenhafte Struktur in die Strahlungserzeuger und in die Strahlungsempfänger zu verlegen; das Licht selbst sollte quantenhafte Struktur haben. Das Licht selbst sollte atomistisch, diskontinuierlich sein und sich nicht kontinuierlich ausbreiten, sondern in Lichtpaketen, Photonen, wobei die Energie jedes Lichtpaketes, jeder Lichtnadel, den Betrag $E = h \cdot \nu$ haben sollte. Er gelangte mit dieser Hypothese leicht zu dem Gesetz des Photoeffektes, welches sich formulieren läßt: $E + A = h \cdot \nu$. Die Summe aus kinetischer Energie E eines austretenden Elektrons und der Austrittsarbeit A sollte gleich dem Lichtquantum $h \cdot \nu$ sein. Dieses EINSTEINsche Gesetz ist in aller Schärfe experimentell bestätigt worden.

Die von EINSTEIN behauptete diskontinuierliche Struktur des Lichtes wurde wegen der absurden Konsequenzen, die sich scheinbar aus ihr folgern ließen, mit Widerspruch abgelehnt. Nur ein Beispiel sei angeführt. Die Dunkelstellen bei Interferenzerscheinungen würden ja dann der Schlachtplatz für die gegenseitige Vernichtung von Lichtquanten sein. Damit wäre das Prinzip von der Erhaltung der Energie, dieses Fundament der Physik, angegriffen. Die EINSTEINschen Anschauungen hatten bedeutsame Vorteile: den systematischen Vorteil der völligen Allgemeinheit der Quantelung der Strahlungsenergie, und sie lieferten eine Erklärung des Photoeffektes, der sich auf andere Weise nicht einwandfrei darstellen ließ. Trotzdem lehnte man die EINSTEINsche Theorie ab.

Die EINSTEINsche Relativitätstheorie aber brachte eine noch schärfere, eine noch absurdere Fassung der Lichtquantentheorie. Nach der Relativitätstheorie kommt jeder Masse Energie und jeder Energie Masse zu. Die Lichtquanten, die eine bestimmte Menge Energie darstellen, haben also eine bestimmte Masse, d. h. aber, die Lichtquanten werden zu Lichtkorpuskeln; das Licht ist nicht nur diskontinuierlich, sondern auch korpuskular.

Aus dieser korpuskularen Natur des Lichtes folgen zwei der experimentellen Prüfung zugängliche Erscheinungen.

1. Die Rotverschiebung. Wenn ein Lichtquantum eine bestimmte Masse hat, dann muß die Emission eines Lichtquantes von einem Stern mit der Arbeitsleistung verbunden sein, welche die Entfernung der Lichtkorpuskelmasse aus dem Schwerefeld des Sternes erfordert. Diese Arbeit bedeutet einen Energieverlust, d. h. aber einen Frequenzverlust des Lichtquantes, welcher von der Sternmasse abhängig ist:

$E_0 = h \cdot \nu_0$; $E_a = E_0 - A_{\text{schw.}} = h \cdot \nu_a$; wo $\nu_a < \nu_0$.

Bei sehr großen Sternmassen müssen also die Spektrallinien Frequenzverluste zeigen, d. h. gegenüber den irdischen Spektrallinien nach Rot verschoben sein.

2. Der EINSTEIN-Effekt. Die zweite Folgerung aus der korpuskularen Natur der Lichtquanten ist eine Ablenkung der Lichtstrahlen bei der Kreuzung eines Schwerefeldes. Eine solche Ablenkung müßte sich zeigen, wenn ein Stern beobachtet wird, der am Himmel unmittelbar neben der Sonne zu liegen scheint. Die Lage dieses Sternes müßte bei der Beobachtung durch die Krümmung der Lichtstrahlen verschoben erscheinen gegenüber der wahren Lage, wie sie aus der Bahnberechnung des Sternes sich ergibt.

Rotverschiebung und EINSTEIN-Effekt dürften heute als bewiesen gelten. Die experimentelle Bestätigung des EINSTEIN-Effektes geschah 1930 mit aller Bestimmtheit durch eine Sonderexpedition, welche eine totale Sonnenfinsternis beobachtete. Damit sind also schwerwiegende Beweise für die Gültigkeit von Relativitätstheorie und Lichtquantentheorie zugleich erbracht.

Der sicherste Beweis für die korpuskulare Natur des Lichtes folgte aus einer Überlegung, die gleichzeitig von COMPTON und DEBYE angestellt wurde. Aus der korpuskularen Natur des Lichtes folgt nämlich, daß bei einem Zusammenstoß zwischen Lichtquanten und Materieteilchen nicht nur eine Richtungsänderung, sondern auch eine Frequenzänderung dieser Lichtquanten eintritt, wobei die Frequenzänderung im wesentlichen von dem Streuwinkel abhängt. Dieser Effekt konnte von COMPTON vor mehr als 10 Jahren an Röntgenstrahlen exakt nachgewiesen werden. In späteren Untersuchungen konnte sogar gezeigt werden, daß für jeden einzelnen Zusammenstoß zwischen Lichtquant und Elektron die Gesetze von der Erhaltung der Energie und des Impulses erfüllt sind.

Nach diesen Untersuchungen kann der korpuskulare Charakter des Lichtes nicht mehr bezweifelt werden, ebensowenig, wie die Wellennatur des Lichtes nach den Beweisen des vorigen Jahrhunderts. Das Licht zeigt also den dualistischen Charakter der Korpuskel- und der gleichzeitigen Wellennatur.

3. Materiewellen.

In der Ansicht befangen, daß Wellen- und Korpuskelcharakter sich gegenseitig ausschlössen, versuchte man noch den Dualismus in der Natur des Lichtes zugunsten der Wellen- oder der Korpuskelvorstellung zu entscheiden, als LOUIS DE BROGLIE in einer genialen Eingebung diesen Dualismus auch auf die Materie ausdehnte. Er nahm den Dualismus des Lichtes als gesichertes Ergebnis an und fragte sich — ohne zunächst aufzuklären, wie der Dualismus zu verstehen sei —, ob der Dualismus nicht gerade etwas Allgemeines sei, ob er also auch bei der Materie zu finden sei.

Das war die Fragestellung der berühmten Dissertation von DE BROGLIE. Sein Ausgangspunkt war wieder die Relativitätstheorie. Jedem Materieteilchen ist eine gewisse Energie zugeordnet. Die PLANCKsche Beziehung zwischen Energie und Frequenz oder die daraus abgeleitete relativistische Beziehung $\lambda = \frac{h}{p}$ zwischen Bewegungsgröße p und Wellenlänge λ benutzte DE BROGLIE, um jedem Masseteilchen eine Welle zuzuordnen,

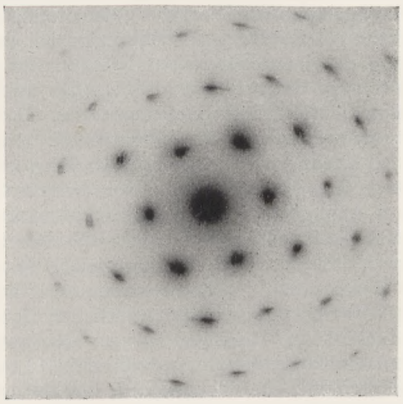


Fig. 1. Platinfolie ⊥ Strahl; (110) ∥ zur Folienebene.

die sog. Materiewelle. Diese Idee der Materiewellen hat die ganze Entwicklung der Physik in neue Bahnen geleitet. Zuerst aber mußte der undulatorische Charakter der Materie experimentell bewiesen werden. DAVISSON und GERMER hatten bei Untersuchungen über die Reflexion von Elektronen an Metallen gefunden, daß bei bestimmten Winkeln eine selektive Reflexion von Elektronen eintritt. Mehr als 20 Jahre früher, nämlich 1901, hatte der deutsche Physiker W. SEITZ diese selektive Reflexion von Elektronen an Metallen in einer heute noch erstaunlich modern anmutenden Apparatur zuerst entdeckt. Während damals die Zeit noch nicht reif war, um die ungeheure Tragweite der SEITZschen Entdeckung zu erkennen, fanden die Versuche von DAVISSON und GERMER sofort Beachtung. ELSASSER deutete nämlich darauf hin, daß diese selektive Reflexion der Elektronen den Röntgenstrahlinterferenzen an Kristallen ähnlich sei und einen Beugungseffekt der Elektronenwellen darstelle. Erneute Untersuchungen von DAVISSON und GERMER bewiesen, daß es sich tatsächlich um Interferenzerscheinungen handelt derselben Art, wie sie bei Röntgenstrahlen zuerst von LAUE und seinen Mitarbeitern entdeckt worden waren. In der Folge wurde durch zahlreiche Arbeiten vieler Forscher — es seien aus ihrer Reihe insbesondere KIRCHNER,

MARK und WIERL, RUPP, THOMSON, TRILLAT und STERN genannt — die Wellennatur der Materie experimentell bewiesen. Besser als längere Beschreibungen dürften einige Aufnahmen von Elektroneninterferenzen die Beweiskraft dieser Arbeiten dartun.

Die erste Aufnahme, deren Ähnlichkeit mit einem der ersten LAUE-Diagramme von Röntgenstrahlen man sofort erkennt, stammt von TRILLAT und v. HIRSCH (Fig. 1).

Die zweite Aufnahme zeigt die Beugung schneller Elektronen beim Durchgang durch sehr dünne Glimmerfolien (Fig. 2). Man sieht ein fast reines Kreuzgitterspektrum.

Die dritte Abbildung zeigt die Beugung schneller Elektronen durch dünne Glimmerfolien (Fig. 3). Bei diesem Bilde ist schon deutlich ein Raumgittereinfluß auf das Kreuzgitterspektrum zu sehen.

Die nächste Abbildung ist unter Bedingungen gewonnen, bei denen ein DEBYE-SCHERRER-Diagramm zu erwarten wäre (Fig. 4).

Die Fig. 5 bis 7 zeigen die RUPPschen Aufnahmen von Elektronenreflexionen an einem optischen Gitter.

Der experimentelle Nachweis des Wellencharakters der Materie gelang aber nicht nur für Elektronen, sondern auch für Ionen und Atome und Moleküle. Als Beispiel ist hier ein Beugungsspektrum von H-Atomen an LiF-Kristallen nach JOHNSON abgebildet (Fig. 8).

An der Wellennatur der Materie kann nach den zahlreichen Ergebnissen, die heute vorliegen, nicht mehr gezweifelt werden. Der gleiche Dualismus, den wir bei der Strahlung gefunden haben, liegt also auch bei der Materie vor.

4. Theoretische Erfolge der neuen Auffassung.

Ohne zunächst näher darauf einzugehen, wie man den bei Strahlung und Materie gefundenen Dualismus verstehen soll, seien zunächst die Erfolge dieser dualistischen Auffassung in aller Kürze skizziert.

Die Atomtheorie konnte bisher ungelöste Probleme mit Erfolg bearbeiten. Es konnte z. B. das Geheimnis der merkwürdigen Quantenbahnen der Elektronen in den Atomen einfach erklärt werden. Nach BOHR sollten die Elektronen im Atom der EINSTEINschen Frequenzbedingung und einem Auswahlprinzip unterworfen sein; sie sollten sich nur in Bahnen bewegen können, die durch Quantenbedingungen festgelegt sind, nach einer Art von Verkehrspolizeivorschrift, wie es EDDINGTON kennzeichnete. In diesen Quantenbedingungen trat das PLANCKsche Wirkungsquantum nur als ganzzahliges Vielfaches auf. Hieraus ergab sich eine diskrete Verteilung der möglichen Energiezustände eines Atoms, die von FRANCK und HERTZ experimentell bewiesen wurde. Auf die großen Leistungen der BOHRschen Theorie kann hier nicht weiter eingegangen werden; sie hat

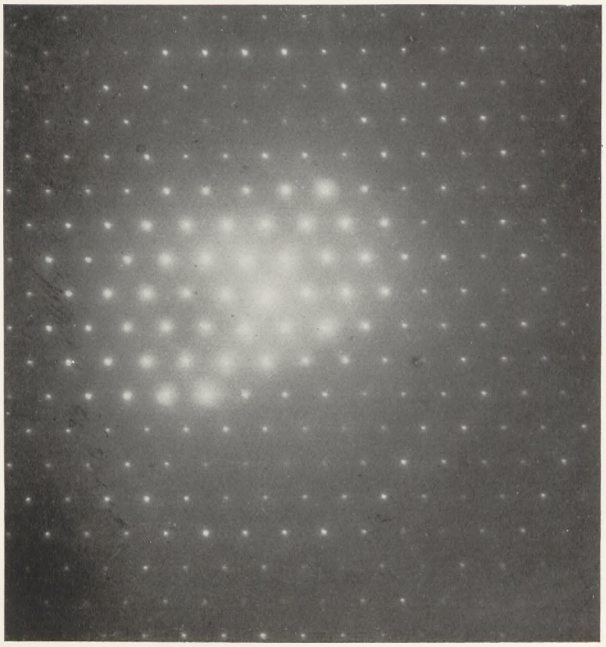


Fig. 2. Beugung schneller Elektronen beim Durchgang durch sehr dünne Glimmerfolie (nach KIRCHNER).
Fast reines Kreuzgitterspektrum.

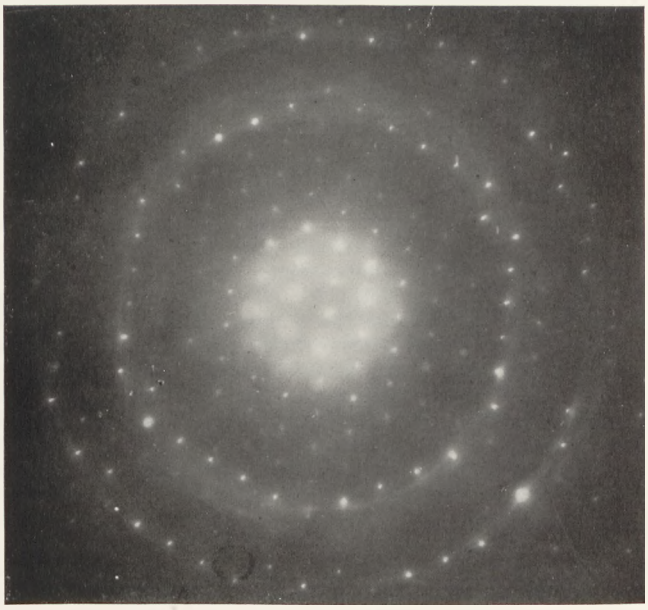


Fig. 3. Beugung schneller Elektronen beim Durchgang durch dünne Glimmerfolie (nach KIRCHNER).
Kreuzgitterspektrum mit Raumgittereinfluß.

die moderne Atomphysik erst ermöglicht. Trotz dieser Leistungen empfanden besonders HEISENBERG und SCHRÖDINGER die BOHRsche Polizeivorschrift als unverständlich. Den Sinn dieser Vorschriften enthüllte die Theorie der Materiewellen, die Wellenmechanik. Nach ihr sind in der DE BROGLIEschen Näherungstheorie die BOHRschen Quantenbahnen solche Bahnen, bei denen der Bahnumfang bei dem Beispiel der periodischen Bewegung ein ganzzahliges Vielfaches der dem Elektron zugeordneten Materiewelle ist. Andere Bahnen sind unmöglich, weil sonst im gleichen Punkt gleichzeitig verschiedene Phasen der Materiewellen auftreten müßten. Mathematisch läßt sich das leicht formulieren, doch möge hier das anschauliche Bild genügen, daß die Quantenbahnen solche Bahnen sind, die eine in sich zurücklaufende Kette von Wellenlängen der Materiewellen als Kettenglieder bilden. In der exakteren und allgemeineren Formulierung der Materiewellen der Wellenmechanik SCHRÖDINGERS und im Hinblick auf die später behandelte HEISENBERGsche Ungenauigkeitsrelation hat es zwar wohl physikalisch keinen Sinn, von Elektronenbahnen zu reden. Da in diesem Bericht nur die Grundgedanken der neuen Entwicklung der Physik skizziert werden sollen, möge auf die exakten Formulierungen hier aber zugunsten der DE BROGLIEschen Näherung verzichtet werden, weil diese eine besonders anschauliche Erklärung der Quantenbahnen ermöglicht.

Neben der einfachen Erklärung der bis dahin geheimnisvollen BOHRschen Quantenbedingung der Elektronenbahnen gelang die Lösung von Problemen, bei denen die BOHRsche Theorie sogar versagt hatte. Hier seien nur einige dieser Probleme herausgegriffen, deren Lösung besonders charakteristisch für die Wellenvorstellung ist. Für Schwingungen und Wellen typisch sind Resonanzeffekte. Mittels des Prinzips der wellenmechanischen Resonanz gelang eine Theorie der homöopolaren Bindung, bei welcher die BOHRsche Theorie schon im einfachsten Falle des H_2-Moleküls versagt hatte. Die Wellenmechanik konnte dieses Problem lösen und die Voraussage machen, daß zwei Arten von H_2-Molekülen möglich sind, die dann von BONHOEFFER und HARTECK und später von EUCKEN auf verschiedenen Wegen experimentell festgestellt wurden. So wurden Para- und Orthowasserstoff entdeckt. Eine allgemeine Theorie der homöopolaren Bindung ist heute wenigstens in den wichtigsten Grundzügen fertiggestellt. GAMOW konnte mittels des Resonanzprinzips wichtige Gesetzmäßigkeiten des Atomkernes erklären. FRANCK und BORN benutzten es zu einer vielversprechenden Theorie der Adsorptionskatalyse. Wegen der Wichtigkeit des Resonanzprinzips sei sein Inhalt hier in der schönen Formulierung von LANGER gegeben. Sind zwei gequantelte Zustände nur wenig in ihrem Energieinhalte verschieden, verhindert aber ein Potentialberg den Übergang aus einem Zustand in den anderen, d. h. müßte erst Arbeit geleistet werden, die nach Überwindung des Potentialberges wieder frei würde, so besteht immer eine Übergangswahrscheinlichkeit zwischen den Quantenzuständen durch den Potentialberg hindurch. Ein solcher Potentialberg ist z. B. bei einer chemischen Reaktion die sog. Aktivierungswärme, die aufgewendet werden muß, obwohl die Reaktion keine Energie verbraucht.

Für die exakte Formulierung der Atommechanik wurde von SCHRÖDINGER seine berühmte Wellengleichung aufgestellt. DIRAC konnte diese Gleichung erheblich verallgemeinern — so daß sie auch für größte Geschwindigkeiten gültig

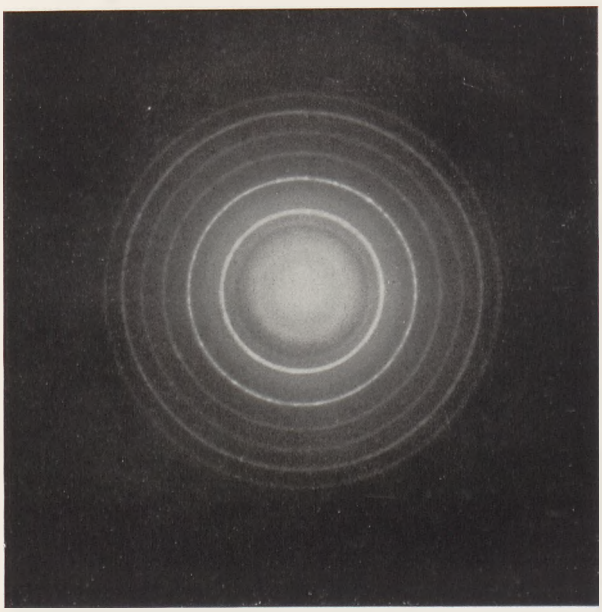


Fig. 4. Beugungsringe (THOMSEN-Methode, „DEBYE-SCHERRER-Ringe") am einfach kubischen Gitter (NaF, Na und F beugen praktisch gleich stark) (nach KIRCHNER).

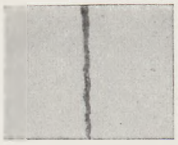


Fig. 5. Elektronenstrahl ohne Gitter. Einstellaufnahme.

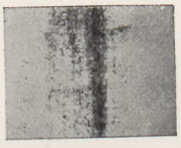


Fig. 6. Elektronenreflexion am Gitter 70 Volt.

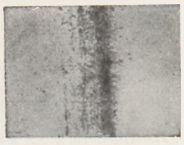


Fig. 7. Elektronenreflexion am Gitter 150 Volt.

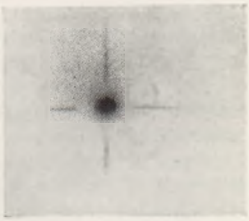


Fig. 8. Beugungsspektrum von H-Atomen an LiF (nach JOHNSON).

ist — und in eine relativistisch invariante Form bringen. Aus der DIRACschen Form der Wellengleichung ergibt sich eine Eigenrotation des Elektrons um seine eigene Achse. Dieser sog. „Elektronenspin" war viel früher — 1924 — von UHLENBECK und GOUDSMITH als Hypothese aufgestellt worden, um gewisse experimentell gefundene Gesetzmäßigkeiten der Spektren zu erklären. Nach der DIRACschen Theorie ergab sich weiter eine sehr merkwürdige Folgerung: es müßte eine spontane Ladungsumkehr der Protonen und Elektronen geben; es müßten also negative Protonen und positive Elektronen vorkommen. Der Nachweis der positiven Elektronen, der „Positronen", scheint 1933 in Cambridge und Pasadena geglückt zu sein.

Von weiteren theoretischen Erfolgen der Wellenmechanik seien nur noch die Fortschritte für die statistische Mechanik und die Theorie der metallischen Leitung erwähnt, die insbesondere den Arbeiten von FERMI und SOMMERFELD zu verdanken sind. Eine vollständige Aufzählung aller erreichten Fortschritte ist an dieser Stelle nicht möglich. Trotz dieser außerordentlich großen Erfolge stößt die Theorie aber heute schon vielfach auf Schwierigkeiten, die einen neuen Wendepunkt der Fortentwicklung vorausahnen lassen.

5. Methodische und praktische Bedeutung des Dualismus.

Neben den großen systematischen Erfolgen der Wellenmechanik verdient auch die mehr praktische Fruchtbarkeit der neuen Vorstellungen für die Methodik der Physik und für die experimentelle Physik eine besondere Erwähnung.

Methodisch ist eine Bereicherung und Verallgemeinerung erreicht. Wir können auf alle Probleme entweder den Formalismus der Korpuskularvorstellung oder der Wellentheorie anwenden, wie es gerade zweckmäßig ist. HEISENBERG hat dazu einen übergeordneten Formalismus gegeben, aus dem sich die Formeln der Wellentheorie oder der Korpuskulartheorie durch eine einfache mathematische Transformation entwickeln lassen. Den heuristischen Gewinn der neuen Vorstellungen haben bereits oben angeführte Beispiele gezeigt. Man kann die Ideenassoziationen aus der Optik auf die Mechanik übertragen, wobei betont sei, daß die klassische Mechanik der geometrischen Optik und die Wellenmechanik der Wellenoptik entspricht. In diesen Zusammenhang gehört auch die Erkenntnis, daß die formale Ähnlichkeit des MAUPERTUISschen Prinzips in der klassischen Mechanik und dem FERMATschen Prinzip der geometrischen Optik einem tieferen Zusammenhange entsprechen. Man kann auch diese methodische Gleichheit zwischen geometrischer Optik und klassischer Mechanik noch schärfer herausarbeiten. Man kann Instrumente der Elektronenoptik bauen, die den Instrumenten der geometrischen Optik entsprechen. Dies ist bereits in den meisten möglichen Fällen mit größtem Erfolge geschehen. Die folgende Fig. 9, die aus dem Aufsatze von BRÜCHE und JOHANNSON[1] entnommen ist, der diese Zusammenhänge besonders klar herausarbeitet, zeigt einige Beispiele für Elektronenlinsen. Die Linsenwirkung ist hier durch einen Kondensator bestimmter Form erreicht; man kann aber auch Linsenwirkung durch ein magnetisches Feld zustande bringen, wie es KNOLL und RUSKA z. B. angegeben haben. Man kann auch mehrere solcher Elektronenlinsen hintereinander verwenden und so Elektronenmikroskope bauen, was ebenfalls zu schönsten Erfolgen geführt hat. Lange bekannt sind der Elektronenspektralapparat und die Elektronen-

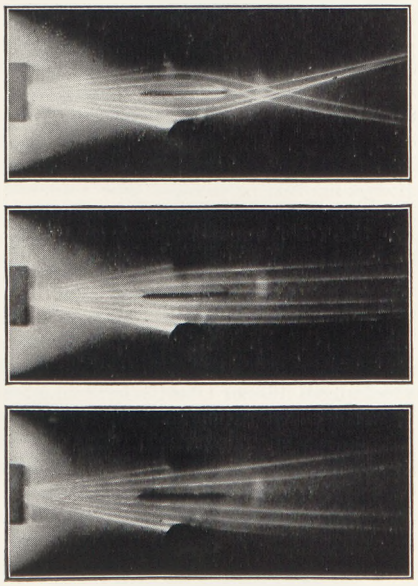


Fig. 9. Demonstrationsversuche mit sichtbaren Elektronenstrahlen verschiedener Brennweite (Elektronenlinsen).

monochromatoren, auf deren interessante Darstellung in dem oben erwähnten Aufsatze hingewiesen sei.

Außer dem methodischen Gewinn der dualistischen Auffassung, die von großer heuristischer Bedeutung für die Physik ist, hat die Experimentalphysik wichtigste Fortschritte im Verlauf der grundlegenden Forschungen erzielt. Analog den Röntgenstrahlen können jetzt Elektronenstrahlen zu Strukturuntersuchungen benutzt werden, wie es heute sogar schon zum Teil in der Industrie geschieht. Die Verwendung der Elektronen bietet verschiedene Vorteile gegenüber den Röntgenstrahlen. Erstens ist eine bequeme Wahl verschiedener Elektronenwellenlängen möglich; man braucht ja nur die Spannung der Elektronenröhren und damit die Bewegungsgröße der Elektronen zu ändern. Zweitens kann man um einige Zehnerpotenzen kürzere Belichtungszeiten benutzen, als bei Röntgenstrahlen: statt einiger Stunden z. B. nur Bruchteile von Sekunden. Schließlich kann man auch Probleme lösen, die mit Röntgenstrahlen nur mit geringem oder gar keinem Erfolg bearbeitet werden würden. Man kann bei der Elektronenbeugung nämlich mit

[1] BRÜCHE u. JOHANNSON: Naturwiss. **20**, 353 (1932).

Strahlen sehr geringer Eindringtiefe arbeiten, wodurch die Untersuchung dünner Schichten erst möglich wird. Zuerst erreichte man die geringe Eindringtiefe durch Verwendung langsamer Elektronen (RUPP); neuerdings hat insbesondere KIRCHNER das gleiche Ziel durch stark streifenden

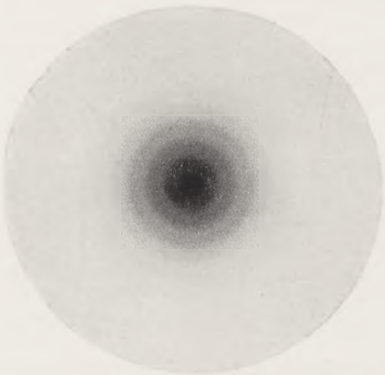


Fig. 10. 70 kV-Elektronen gestreut an CCl_4-Dampfstrahl. Nach MARK und WIERL: Die experimentellen und theoretischen Grundlagen der Elektronenbeugung. Berlin: Gebr. Borntraeger 1931.

Einfall schneller Elektronen erreicht, was viele experimentelle Vorteile bietet. Solche Strukturuntersuchungen dünner Oberflächenschichten sind von größter Wichtigkeit. Man denke nur an die Probleme der Gasadsorption, der chemischen Oberflächenreaktionen, der Passivität der Metalle

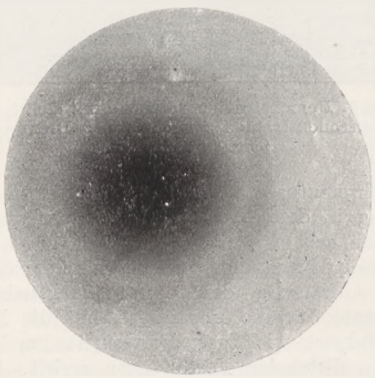


Fig. 11. Interferenzbild von C_6H_6 (WIERL 97).

und der Ausbildung von Kristallgittern in dünnster Schicht, des Flächengitters.

Den Vorteilen, welche die Benutzung der Elektronenbeugung in Fällen bietet, in denen auch die Verwendung von Röntgenstrahlen möglich ist, stehen andererseits eine Reihe von Nachteilen gegenüber, so daß die Elektronenbeugung die Röntgenstrahlenmethoden nicht verdrängen werden, sondern sie nur aufs glücklichste ergänzen. Das gilt z. B. auch für die Benutzung der Elektronenbeugung zur Untersuchung der Beugung an einzelnen Atomen und Molekülen, aus denen Aufschlüsse über die Struktur der Moleküle sich finden lassen. Das ist die von DEBYE geschaffene Methode der Bestimmung der Lagerung der Atome im Molekül und der Struktur der Atome im Sinne der von FERMI und THOMAS betonten Elektronenverteilung. Man kann die DEBYEsche Methode zwar auch für Röntgenstrahlen benutzen, doch bietet die Verwendung der Elektronenbeugung eine Reihe Vorteile. Mittels der DEBYEschen Methode konnten unter anderen MARK und WIERL eine Reihe höchst wichtiger Ergebnisse erhalten. Sie konnten z. B. die ebene Sechseckgestalt des Benzols und die geknickte Form des Cyclohexans bestimmen. Die Fig. 10 zeigt die Streuung von Elektronen an einem Dampfstrahl von CCl_4. Fig. 11 endlich gibt das interessante Interferenzbild von C_6H_6.

Die Fruchtbarkeit der neuen Auffassung für die Theorie und Praxis der Physik dürfte aus dieser keineswegs vollständigen Aufzählung von Beispielen unzweifelhaft hervorgehen.

6. Das Problem des Dualismus und seine Auflösung.

In dem bisherigen Bericht über die Beweise für die Notwendigkeit und die Fruchtbarkeit der dualistischen Auffassung von Strahlung und Materie wurde auf das Problem, das in diesem Dualismus enthalten ist, absichtlich nicht näher eingegangen. Schließen sich Wellen- und Korpuskelauffassung denn nicht gegenseitig aus? Wenn wir an die aus der täglichen Erfahrung der Physik gewonnenen Begriffe von Korpuskel und Welle denken, so erscheint es unmöglich, daß ein Elektron z. B. gleichzeitig eine Korpuskel und eine Welle oder eine Wellengruppe sein soll.

Den Weg zur Lösung dieses Dilemmas haben HEISENBERG und BOHR gewiesen. Ihre grundlegenden Überlegungen zeigten, daß dieser Widerspruch gar nicht besteht. Korpuskel und Wellenbegriffe der klassischen Physik sind allerdings grundlegend verschieden, und eine dualistische Auffassung dieser klassischen Begriffe ist widerspruchsvoll. Die Notwendigkeit der dualistischen Auffassung für die Phänomene in atomaren Dimensionen kann nur bedeuten, daß die Begriffe Korpuskel und Welle, die wir bei diesen Prozessen gebrauchen, nicht identisch sind mit den klassischen Begriffen der gewöhnlichen Physik. Es besteht nur eine weitgehende Analogie zwischen den Begriffen der Atomphysik und den klassischen, aber nicht mehr: die klassischen Begriffe sind nur Bilder. Diese Bilder können nur innerhalb bestimmter Grenzen anwendbar sein, weil wir sonst einen Widerspruch hätten.

Dieser Weg der Auflösung des scheinbaren Widerspruches verlangt eine gründliche kritische Untersuchung der verwendeten physikalischen Begriffe. Was ist der physikalische Inhalt dieser Begriffe? Wir haben eine Fragestellung, die charakteristisch ist für das, was SCHRÖDINGER den Geist der neuen Sachlichkeit in der Physik nennt. Dieser Geist ist gekennzeichnet durch das Bestreben, nur physikalisch beobachtbare Größen und Begriffe zu verwenden und mit dem sachlich notwendigen Minimum physikalischer Begriffe auszukommen. Das jetzt schon klassische Beispiel für die damit verbundene Begriffskritik

ist die EINSTEINsche des Begriffes der Gleichzeitigkeit. EINSTEINS Untersuchung des physikalischen Sinnes dieses Begriffes, die Frage nach der Feststellbarkeit der Gleichzeitigkeit zweier Ereignisse führte ihn zu dem physikalisch sinnvollen Begriff der Gleichzeitigkeit seiner Relativitätstheorie, wodurch das Dilemma gelöst wurde, in das die Physik durch den negativen Ausfall des MICHELSONschen Versuches geraten war. HEISENBERG ist wohl der stärkste Vertreter der neuen Sachlichkeit. Seine Forderung der Säuberung der physikalischen Begriffe von allen halbmetaphysischen Elementen führte ihn zur Formulierung der Grundgedanken seiner Quantenmechanik, der Matrizenmechanik, die er bekanntlich unter der Mitarbeit von BORN und JORDAN zu dem jetzigen Stande weitgehender Abgeschlossenheit entwickeln konnte. Diese Kritik der physikalischen Begriffe ermöglichte HEISENBERG auch die Auflösung des scheinbaren Widerspruchs der dualistischen Auffassung von Strahlung und Materie.

Präzisieren wir zunächst unser Problem. Wir müssen feststellen, wie weitgehend der Dualismus ist, der aus den experimentellen Beobachtungen gefolgert werden muß. Wir hatten oben gesehen: es ist nachgewiesen, daß sich z. B. Elektronen in gewissen Experimenten wie Korpuskeln, in anderen wie Wellen verhalten. Die in großen Zügen angegebene Lösung unseres Problems — die klassischen Begriffe sind nur als Bilder aufzufassen — verlangt, daß nicht nachgewiesen ist und auch nicht nachgewiesen werden kann, daß sich das Korpuskel- oder das Wellenbild vollständig anwenden läßt. Wir können das auch so formulieren: es muß nachgewiesen werden, daß für die Anwendung von Korpuskel- und Wellenbild von der Natur bestimmte Grenzen gesetzt sind. Diese Grenze ist durch die HEISENBERGsche Unbestimmtheitsrelation gegeben. BOHR konnte diese Relation späterhin ableiten, indem er zeigte, daß die gleichzeitige Anwendbarkeit beider Bilder für jedes Bild diese Anwendungsgrenze zur Folge hat. Hier soll diese Relation in einer mehr unmittelbaren Weise entwickelt werden, nämlich in der von HEISENBERG selbst stammenden. Wie weitgehend ist z. B. die Anwendbarkeit des Korpuskelbegriffes? Zum vollständigen Korpuskelbegriff gehört die Vorstellung, daß die Korpuskel in einem bestimmten Raum-Zeitpunkt einen bestimmten Impuls hat. Will man nachweisen, daß z. B. ein Elektron eine Korpuskel in diesem Sinne ist, so muß man also nachweisen, daß es in einem bestimmten Raum-Zeitpunkt einen bestimmten Impuls hat. HEISENBERG stellte folgendes Gedankenexperiment an. Angenommen, man besäße ein Idealmikroskop, mit dem man ein einzelnes Elektron sehen könnte. Um ein Elektron zu sehen, müßte es beleuchtet und das Licht am Elektron zerstreut werden und ins Auge gelangen. Die Genauigkeit der Ortsbestimmung wäre um so größer, je kleiner die Wellenlänge des verwendeten Lichtes wäre. Andererseits würde das Elektron durch die zur Beobachtung notwendige Zerstreuung des Lichtes einen COMPTON-Effekt erleiden und dadurch eine unkontrollierbare Änderung seiner Bewegungsgröße erfahren. Je kleiner die Wellenlänge, um so größer wäre aber die Energie des am COMPTON-Effekt teilnehmenden Lichtquantes und um so größer also die — unkontrollierbare — Änderung der Bewegungsgröße des Elektrons durch das Lichtquant. Je genauer also die Ortsbestimmung, um so geringer die Genauigkeit der Geschwindigkeitsmessung und umgekehrt. Die prinzipiell vorhandene minimalste Unschärfe der Beobachtung läßt sich leicht mathematisch ableiten; es ergibt sich: $\Delta x \cdot \Delta p = h$. Diese Gleichung nennt man die HEISENBERGsche Unschärferelation, worin Δp die Unschärfe des Impulses und Δx die Unschärfe des Ortes und h das PLANCKsche Wirkungsquantum bedeuten. Das Gedankenexperiment zeigt also, daß es prinzipiell unmöglich ist, einen bestimmten Impuls eines Elektrons in einem bestimmten Raum-Zeitpunkt festzustellen. Das bedeutet eine begrenzte Anwendbarkeit des klassischen Korpuskelbegriffes. Es läßt sich durch ähnliche Überlegungen zeigen, daß der Anwendbarkeit der Wellenauffassung die gleiche Begrenzung durch die HEISENBERG-Relation gesetzt ist.

Die prinzipielle Unmöglichkeit der Feststellung aller Attribute der klassischen Korpuskel- und Wellenbegriffe bedeutet, daß diese Begriffe in atomaren Dimensionen nicht die klassische, sondern eine symbolische Bedeutung haben. Damit verschwindet der scheinbare Widerspruch des Dualismus in der oben geforderten Weise. Wir sehen jetzt, daß es physikalisch sinnlos ist zu sagen, ein Elektron z. B. sei eine Korpuskel oder eine Wellengruppe. Wir dürfen diese Bilder nur als sich gegenseitig ergänzende Bilder benutzen. Die beiden Bilder sind — um mit BOHR zu sprechen — komplementäre, nicht konträre Anschauungsformen der physikalischen Vorgänge. Der Dualismus gehört nicht zu dem Wesen des physikalischen Gegenstandes, sondern zu dem Wesen unseres Begriffssystems, das abgeleitet aus den makroskopischen Erfahrungen sich als für die atomaren Phänomene nicht geeignet zeigt. Kennzeichnend für den komplementären Charakter unserer Anschauungsformen ist die Tatsache, daß bei dem Versuch, den korpuskularen Charakter nachzuweisen, durch die notwendige Versuchsführung der gleichzeitige Nachweis des Wellencharakters unmöglich wird. Es sei hier ein Beispiel aus dem neuen Buche „Moderne Physik" von BORN zitiert:

„Wir denken etwa an den YOUNGschen Interferenzversuch mit den beiden Spalten; man hat dann auf dem Schirm ein System von Interferenzstreifen. Indem man den Schirm durch eine lichtelektrische Zelle ersetzt, kann man den korpuskularen Charakter des Lichtes auch in den Streifen nachweisen. Es sieht also so aus, als hätte man hier einen Versuch, in dem Wellen und Teilchen gleichzeitig demonstriert werden. Tatsächlich aber ist es nicht so, denn von einem Teilchen zu sprechen, hat nur Sinn, wenn mindestens zwei Punkte seiner Bahn experimentell feststellbar sind, von einer Welle nur dann, wenn wenigstens zwei Interferenzmaxima beobachtet werden. Wollen

wir also den „Nachweis eines Korpuskels" führen, so haben wir festzustellen, ob seine Bahn durch den oberen oder den unteren der beiden Spalte zum Auffänger gegangen ist. Wir wiederholen also den Versuch, indem wir nicht nur den Auffänger als lichtelektrisch empfindliches Organ konstruieren, sondern irgendeine Einrichtung treffen, die anzeigt, ob das Licht durch den oberen Spalt hindurchgegangen ist (etwa einen dünnen photographischen Film oder dergleichen). Diese Einrichtung in dem Spalt wirft aber notwendigerweise das Lichtquant aus seiner ungestörten Bahn; die Wahrscheinlichkeit, es im Auffänger (Schirm) zu bekommen, ist also anders als ursprünglich, d. h. die wellentheoretische Vorberechnung der Interferenzerscheinung ist illusorisch. Wollen wir umgekehrt die Interferenz rein beobachten, so verbietet sich dadurch von selbst jede Beobachtung irgendeines anderen Bahnpunktes der Lichtquanten vor dem Auftreffen auf den Schirm."

Die Notwendigkeit der komplementären Beschreibung von Vorgängen, zu der wir in der Physik beim Festhalten unseres Begriffssystems gezwungen sind, steht, worauf BOHR hingewiesen hat, in engster Beziehung zu einem alten philosophischen Problem. Dem Dualismus Korpuskel-Welle der Physik entspricht der Dualismus Subjekt-Objekt der Psychologie. Es läßt sich die Gedankentätigkeit, als Objekt der Untersuchung, nicht trennen von dem Subjekt des Betrachters. Hier finden wir auch die Einwirkung der Beobachtung auf das zu Beobachtende wieder und die daraus sich ergebende Grenze für die Bestimmtheit einer Beobachtung, die mit dem Dualismus Korpuskel-Welle untrennbar verbunden ist. Die Beobachtung eines Gedankenablaufs bedeutet ebenso einen Eingriff in diesen Ablauf, wie die Betrachtung eines Elektrons in einem Idealmikroskop in den Zustand des Elektrons eingreift.

Ebenso wie wir bei dem Dualismus Subjekt-Objekt überzeugt sind, daß dieser Dualismus durch die Begrenztheit unserer Beobachtungsmöglichkeit bedingt ist, der Erkenntnisgegenstand aber einheitlich ist, ebenso werden wir schließen, daß Strahlung und Materie einheitliche Phänomene sind, zu deren dualistisch-komplementärer Beschreibung wir nur durch die Begrenztheit unserer physikalischen Begriffe gezwungen sind. In dieser Überzeugung werden wir dadurch bestärkt, daß es der Theorie gelungen ist, einen den anschaulich-komplementären dualistischen Beschreibungsformen übergeordneten einheitlichen mathematischen Formalismus zu entwickeln.

Wird es gelingen, über die Grenzen unserer bisherigen physikalischen Begriffe hinauszugehen und ein neues einheitliches Begriffssystem zu entwickeln, das diesem einheitlichen mathematischen Formalismus entspricht, oder stehen wir vor einer nicht überschreitbaren Grenze? Die notwendige Umwälzung unseres physikalischen Begriffssystems läßt sich in ihrer Bedeutung sofort ermessen, wenn man bedenkt, daß der Begriff des Massenpunktes, den man als fundamental für die klassische Mechanik ansehen muß, keine physikalische Bedeutung mehr hat und durch einen anderen Begriff ersetzt werden müßte. Es scheint sogar, als ob mehr gefodert würde als die Bildung neuer physikalischer Begriffe, nämlich eine Änderung der Struktur grundlegender Anschauungs- und Denkformen. Sieht es doch so aus, als ob die Verschmelzung der Begriffe Korpuskel-Welle zu einer Einheit mit der Verschmelzung des Denkens in kontinuierlichen und diskontinuierlichen Gestalten identisch sein würde. Hierfür scheint zu sprechen, daß das Denken in Raum und Zeit, welches in engster Verwandtschaft steht mit kontinuierlichem Denken (Zeit) und diskontinuierlichem Denken (Raum) eng mit dem Dualismus Korpuskel-Welle verbunden ist. Der übergeordnete einheitliche mathematische Formalismus ist nämlich nicht mehr in Raum und Zeit, sondern in dem ganz abstrakten Konfigurationsraum. Trotz dieser jetzt unüberwindlich erscheinenden Schwierigkeiten wird man die Hoffnung auf die Schaffung eines neuen passenden Begriffssystems nicht aufgeben, da es gerade in der Geschichte der Physik schon mehrfach so gewesen ist, daß man zuerst einen mathematischen Formalismus entwickelte und dann erst langsam auch begrifflich in diesen Formalismus hineinwuchs. Vorläufig müssen wir uns allerdings mit den zwar anschaulichen, aber dualistischen Bildern begnügen.

Wenn hier von Anschaulichkeit gesprochen wird, so ist damit natürlich Anschaulichkeit im modernen Sinne gemeint. Früher verstand man unter einer anschaulichen physikalischen Erklärung ein mechanisches Modell des physikalischen Vorganges. Für den modernen Physiker dagegen bedeutet das mechanische Modell keine bessere Erkenntnis des Vorganges, sondern nur eine manchmal mehr, meistens weniger wertvolle Gedächtnishilfe. Früher hielt man eben die mechanischen Vorgänge für die einfachsten und grundlegenden Vorgänge. Es war also damals die Forderung nach einem Mechanismus berechtigt. Heute wissen wir, daß die mechanischen Vorgänge sehr komplizierte Phänomene sind, daß also die Zurückführung eines physikalischen Vorganges auf einen mechanischen Vorgang nicht mehr ohne weiteres die Zurückführung auf einen einfacheren Vorgang bedeutet, also einen sehr zweifelhaften Wert besitzt. Trotzdem behalten aus psychologischen Gründen auch heute noch Mechanismen einen großen didaktischen und heuristischen Wert. Es wäre zwar verlockend, sich mit einem mathematischen Formalismus allein zu begnügen, da in diesem lediglich die metrischen Beziehungen, die durch Messung gewonnen sind, in den richtigen, d. h. objektiv entscheidbaren Zusammenhang gebracht sind, wodurch die mathematischen Formalismen sich auch gegenüber erheblichen Änderungen der physikalischen Begriffe behaupten können. Ein metaphysisches Bedürfnis zwingt uns aber, diesen Formalismus mit einem Inhalt zu erfüllen. Dieser Inhalt braucht aber nicht mechanisch, nicht im grobmateriellen Sinne anschaulich zu sein. Wir verlangen nur einen begrifflichen Inhalt, aus dem wir leicht physikalische Konsequenzen ziehen können.

7. Statistische und kausale Gesetzmäßigkeit.

Unsere heutige „anschauliche" Vorstellung der Materiewellen besteht darin, daß wir diese als Wahrscheinlichkeitswellen auffassen. Die Intensität der Materiewellen in einem bestimmten Raum-Zeitpunkt gibt uns die Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein eines Materieteilchens in diesem Punkte an. Ebenso müssen wir folgerichtig die elektromagnetischen Wellen als Wahrscheinlichkeitswellen auffassen. Die Intensität einer Lichtwelle in einem bestimmten Raum-Zeitpunkt gibt uns nur in makroskopischen Dimensionen direkt die Intensität des Lichtes in diesem Punkt an, in atomaren Dimensionen müssen wir sie als die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins von Lichtquanten in diesem Punkte auffassen. Die Dunkelstellen bei Interferenzerscheinungen sind dann nicht mehr der Ort der absoluten gegenseitigen Vernichtung von Lichtquanten, sondern Stellen, für welche die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens von Lichtquanten beliebig klein ist. Es tritt hier ein Kennzeichen der neuen Physik besonders klar hervor: Die Voraussagen der neuen Physik sind Wahrscheinlichkeitsaussagen, ihre Gesetze sind statistische. Der Charakter dieser statistischen Gesetze ist aber ein anderer als in den bekannten Gesetzen der kinetischen Gastheorie, bei der die Gesetze durch eine Statistik von streng determinierten Einzelprozessen gewonnen werden. Schon EXNER betonte aber, daß sich die Gesetze der kinetischen Gastheorie auch dann ableiten lassen, wenn man statt streng determinierter Einzelprozesse annimmt, daß die Bewegung der Moleküle nach den Gesetzen des mathematischen Zufalls verläuft. Die statistischen Gesetze der heutigen Physik beziehen sich überhaupt nicht mehr auf streng determinierte Einzelprozesse, sondern sprechen der Behauptung eines determinierten, streng kausalen Verlaufs überhaupt jeden physikalischen Sinn ab. Aus der HEISENBERGschen Unbestimmtheitsrelation folgt nämlich, daß die Feststellung der Kausalität für das Verhalten eines Elektrons nicht möglich ist. Hierbei ist Kausalität in dem Sinne gemeint, daß aus einem ganz bestimmten physikalischen Zustand eines abgeschlossenen Systems alle weiteren Zustände folgen. Die Zukunft des Systems ist durch irgendeinen bestimmten Zustand bestimmt, „determiniert". Für die atomaren Phänomene ist die Feststellung der Kausalität unmöglich[1]. Die Aussage: ein atomarer Prozeß verlaufe kausal oder akausal, enthält keinen physikalischen Sinn, da die Wahrheit dieser Aussage nicht festgestellt werden kann. Es ist physikalisch weder berechtigt, von der Gültigkeit oder Ungültigkeit des Kausalgesetzes für die Physik zu sprechen, noch von der Determiniertheit oder Indeterminiertheit in der Physik.

Statt der richtigen Aussage: Man kann nur statistische und keine kausalen Naturgesetze feststellen, wird heute vielfach von einer Akausalität oder einem Indeterminismus der Physik gesprochen.

Eine Behauptung in dieser Form ist nach den obigen Ausführungen inhaltsleer. Trotzdem wird ein bestimmter Inhalt gemeint, der nur falsch formuliert ist. Es wird bei solchen Aussagen nämlich eine unausgesprochene und oft gar nicht bewußte Neudefinition der Kausalität zugrunde gelegt; es ist dabei gewissermaßen eine „physikalische Kausalität" definiert, die von BORN z. B. in folgender Weise ausgesprochen wurde: „Wenn man den Zustand eines Systems so weit empirisch bestimmt, als es auf Grund der Naturgesetze überhaupt möglich ist, so ist der weitere Verlauf des Systems in dem Maße determiniert, als jeder spätere Zustand seinerseits empirisch bestimmbar ist." Aus dem reinen Kausalgesetz, das in der Physik nicht angewendet werden kann, ist so ein physikalisches Zuordnungsprinzip geworden, das durch die Art seiner Definition Gegenstand der Physik ist und dessen Gültigkeit[1] mit den Mitteln der Physik festgestellt werden kann. Diese physikalische Kausalität ist in den obigen Aussagen gemeint. Auf atomare Phänomene — z. B. den radioaktiven Zerfall — angewendet, ist sie innerhalb unserer raum-zeitlichen Anschauungsformen ungültig. Da wir bei diesen aber statistische Gesetzmäßigkeiten feststellen können, so resultiert die obige falsch formulierte Aussage. Exakt formuliert ist unsere Situation folgendermaßen: Wollen wir wissenschaftliche, objektiv feststellbare Erkenntnisse haben, so ist unter der Voraussetzung, daß solche überhaupt möglich sind, die Möglichkeit vorhanden, statistische oder physikalisch-kausale oder beide Arten von Gesetzen gleichzeitig zu verwenden. Wir stellten fest, daß in bestimmten Fällen in atomaren Dimensionen die physikalische Kausalität versagt, wenn sie auch in anderen gültig bleibt. Statistische Gesetze können wir überall feststellen. Die „Kausalgesetze", deren Gültigkeit festgestellt wurde, können aber auch immer als statistische Gesetze formuliert werden. Wir geben darum aus dem Bedürfnis nach Einheitlichkeit den statistischen Gesetzen den Vorzug und fassen dann alle Gesetze einheitlich als statistische auf.

Es ist damit keineswegs gesagt, daß atomare Phänomene im strengen Sinne akausal verlaufen.

[1] Das gilt auch für eine strenge Anwendung der Kausalität in dem gekennzeichneten Sinn auf makroskopische physikalische Vorgänge, da auch diese nicht scharf bestimmbar sind. Deren durch die HEISENBERG-Relation gegebene Unschärfe ist nur so gering, daß sie gegenüber dem Feststellbaren vernachlässigt wird, aber prinzipiell ist sie vorhanden und eine Kausalität im strengen Sinne also nicht feststellbar.

[1] Die Selbstverständlichkeit, mit der dieser abgeänderte physikalische Kausalitätsbegriff bei den Physikern oft verwendet wird, ist psychologisch darin begründet, daß die grundsätzlich verschiedene, praktische Unbestimmtheit der physikalischen Beobachtung eine strenge Anwendung des Kausalgesetzes ja immer verhinderte, und man an eine praktische Anwendung gewöhnt ist. Man nahm Konvergenz als selbstverständlich an.

Diese Fragestellung ist, wie wir oben ausführten, eine leere für den Physiker, allerdings wohl nicht für den Metaphysiker. Der Physiker, der — verführt von der Erkenntnis, daß auch eine Summe von Einzelprozessen, die nicht nach streng kausalen Gesetzen verlaufen, sondern regellos im Sinne des mathematischen Zufalls sich abspielen — von der Indeterminiertheit der Einzelprozesse spricht, macht keine physikalische, sondern eine metaphysische Aussage und kann aus der Physik dazu ebensowenig Berechtigung ableiten, wie jemand, der von strenger Determiniertheit spricht.

Gehen wir von rein physikalischen Gesichtspunkten ab und lassen metaphysische oder psychologische Gesichtspunkte zu, so wird von wenigen geleugnet werden können, daß die Einheitlichkeit der physikalischen Theorien, welche durch alleinige Benutzung statistischer Gesetze gewonnen wird, vielleicht zu teuer erkauft ist. Das Kausalitätspostulat hat sich in der bisherigen Entwicklung der Wissenschaft nicht nur als eindeutiges Zuordnungsprinzip bewährt, es hat nicht nur Erkenntniswert, sondern bedeutet auch stärksten Erkenntnisantrieb. Es ist daher durchaus berechtigt, wenn versucht wird, an der strengen Kausalität als Postulat für die Physik festzuhalten, wie es PLANCK fordert. Die Möglichkeit dazu ist prinzipiell ja immer vorhanden, praktisch zeigt sie sich in der komplementären Naturbeschreibung BOHRS. In der nicht raum-zeitlichen Beschreibung herrscht die strenge Determiniertheit der Wellenfunktionen. Genauer müssen wir allerdings sagen: im Schema der Wellenfunktionen ist das Schicksal der Wellenfunktion durch den Wert zu einer gegebenen Zeit bestimmt, der Verlauf ist streng kausal; die physikalischen Größen aber, welche die Wellenfunktion bestimmen, sind prinzipiell nicht vollständig bestimmbar. Wir haben also einen Sachverhalt, den BORN richtig mit der Aussage äquivalent setzt, daß das Geschehen zwar streng kausal erfolgt, daß man aber den Anfangszustand nicht genau kennt. Gewiß wird damit das Kausalgesetz im gewissen Sinne leer und die Aussagen, die innerhalb der Physik bleiben wollen, sind statistische. Deshalb aber scheint die Aussage, daß das physikalische Geschehen zwar streng kausal verlaufe, aber prinzipiell diese Kausalität nicht feststellbar ist, uns ebenso wenig inhaltsleer, wie früher, als das Kausalitätspostulat zwar nicht prinzipiell, wohl aber praktisch nicht streng anwendbar war. Wir werden als heutiges Kausalitätsproblem vor allem das empfinden, daß wir ein Versagen eines früher meist halbbewußten physikalischen Kausalitätsbegriffes erleben, und wir werden die Forderung erheben, nun einen neuen physikalischen Kausalbegriff zu entwickeln, der gegenüber dem vorliegenden Beobachtungsmaterial nicht versagt. Wenn wir bedenken, wieviel Grundlegendes wir noch von den Forschungen der Kernphysik zu erwarten haben, und daß wir außerdem jetzt schon vor der Notwendigkeit neuer Begriffsbildungen stehen, so erscheint die Möglichkeit einer Wiederbelebung der kausalen Gesetzmäßigkeit in der Physik immerhin vorhanden zu sein.

Wie sich auch das Kausalitätsproblem in der Physik weiter entwickeln wird, es ist nicht mehr an der Erkenntnis zu zweifeln, daß die Naturgesetzlichkeit als Gegenstand der Physik statistischer Art ist. Wir werden, auch wenn wir die Kausalität als Zielforderung beibehalten, in kritischen Situationen uns immer auf den sicheren Boden der statistischen Formulierung zurückziehen. Die Frage nach einer strengen Kausalität der Naturgesetze müssen wir der Metaphysik überlassen; ebenso wie wir der Erkenntnistheorie eine Reihe von Problemen übergeben müssen, unter anderem auch: Warum stoßen wir auf den Dualismus Korpuskel-Welle? Woher stammt die Notwendigkeit der dualistischen Naturbeschreibung?

Das Elektronenmikroskop I. Von Dr. J. BÖHME und Dr. H. STEPS in Jena.

Im Gegensatz zu der Wellenoptik des Elektrons[1] ist in den letzten Jahren die sog. geometrische Elektronenoptik entwickelt worden, unter der man allgemein die Lehre von der Geometrie der Elektronenbahnen versteht, entsprechend der geometrischen Optik des Lichtes. Die geometrische Elektronenoptik gibt den Elektronenstrahlen die Eigenschaften von Lichtstrahlen. Gelingt es nun, Vorrichtungen herzustellen, die die Elektronen in ihren Bahnen genau so beeinflussen, wie die Lichtstrahlen durch Linsen, Spiegel oder Prismen beeinflußt werden, so könnte man durch Zusammensetzen solcher Vorrichtungen Instrumente ähnlich den lichtoptischen bauen. Es ist nun auch tatsächlich gelungen, elektronenoptische Anordnungen zu finden, die die entsprechenden Eigenschaften eines gewöhnlichen Mikroskops besitzen. Mit einem solchen „Elektronenmikroskop" ist es ohne weiteres möglich, Elektronen aussendende oder beliebige von Elektronen bestrahlte Flächen genauer zu untersuchen. Es sei hier ausdrücklich bemerkt, daß die geometrische Elektronenoptik an sich nicht etwas gänzlich Neues darstellt, sondern lediglich, wie das in der Physik so oft der Fall war, durch gewisse weitgehende, geniale Folgerungen ein neues Aussehen erhielt. Die Experimente, die für die geometrische Elektronenoptik grundlegend sind, reichen bis in die Zeit der Entdeckung der Kathodenstrahlen zurück. Hierher gehört der aus Schule und Hörsaal bekannte Demonstrationsversuch über die geradlinige Fortpflanzung von Kathodenstrahlen nach CROOKES (im Strahlengang einer Kathodenstrahlröhre wird von einem aus Metallblech geschnittenen Kreuz auf einem Leuchtschirm oder auf der fluoreszierenden Glasfläche der Röhre ein scharfer Schatten entworfen). Ferner ist die Beeinflussung der Kathodenstrahlen durch magnetische und elektrische Felder zu nennen (BRAUNsche Röhre). Die Sammlung eines divergenten Elektronenstrahlbündels durch eine äußere Magnetspule sowie die Sammlung solcher Strahlen

[1] A. WENZEL: Welleneigenschaften des Elektrons. Zeitschr. physikal.-chem. Unterr. **44**, 266 (1931).

durch elektrische Felder ist ebenfalls seit langem bekannt (WEHNELT-Zylinder). Schließlich sei noch daran erinnert, daß in Röntgenröhren die Sammlung eines Elektronenstrahlbündels zu einem annähernd punktförmigen Brennfleck unter Benutzung einer hohlspiegelförmig gekrümmten Kathode erzielt wird.

Alle diese Anwendungen und Vorrichtungen sind rein aus der Erfahrung geschaffen worden. Erst H. BUSCH[1] drang 1926 zu der Erkenntnis vor, daß die Wiedervereinigung von Elektronenstrahlen mit Hilfe eines äußeren Magnetfeldes nicht nur eine reine Sammlung darstellt, sondern auch eine geometrische Abbildung der Elektronenquelle liefert, genau so, wie man durch eine optische Linse einen Gegenstand abzubilden vermag.

Zum Verständnis der Wirkungsweise eines Elektronenmikroskops müssen einige grundlegende Betrachtungen über die Elemente der geometrischen Elektronenoptik vorausgeschickt werden. Gemäß den beiden Möglichkeiten, Elektronenstrahlen zu beeinflussen, spricht man von einer magnetischen und einer elektrischen Elektronenoptik.

Eine optische Abbildung mittels Elektronen läßt sich nun auf verschiedenen Wegen erreichen.

1. Lochkameramethode.

Mit einer Lochkamera (Camera obscura) läßt sich ohne jedes Linsensystem ein Gegenstand in jeder beliebigen Vergrößerung photographieren. Auf die Elektronenoptik angewendet, bedeutet dies eine Abbildung mittels eines Elektronenstrahles durch Lochblenden ohne jegliches elektrische oder magnetische Feld. Für das Zustandekommen einer hinreichend scharfen Abbildung durch eine Lochblende ist bekanntlich Voraussetzung, daß die Abmessungen der Lochblende klein gegenüber den Abmessungen des abzubildenden Gegenstandes sind. Ist diese Bedingung erfüllt, dann hat die Form der Lochblende auf die Güte der Bilder keinen Einfluß mehr; die Lichtintensität bei dieser scharfen Abbildung ist natürlich gering. Wie in der Optik bestimmt sich aus Gegenstandsweite a und Bildweite b die Vergrößerung zu $v = \frac{b}{a}$.

In Fig. 1 ist die Apparatur der Lochkameramethode schematisch dargestellt. Da die Erzeugung eines Elektronenstrahlbündels nur im Vakuum möglich ist, so befinden sich also Gegenstand G, Lochblende L und Auffangschirm *Sch* ebenfalls im Vakuum.

Der Glühfaden G der Kathode soll in diesem Fall der abzubildende Gegenstand (Strahlenquelle) sein. Die Lochblende L stellt gleichzeitig die Anode dar. An Stelle der Mattscheibe in der Lochkamera, die zur visuellen Beobachtung dient, wird in der Elektronenoptik zu diesem Zweck ein Fluoreszenzschirm *Sch* (Zinksulfid oder Calciumwolframat) benutzt. Auch sind hierzu gewöhnliche Glasplatten, z. B. von der Schicht befreite photographische Platten, verwendbar. Setzt man nun an die Stelle der Mattscheibe bzw. des Schirmes eine photographische Platte in die Vakuumanordnung, so müßte nach jeder Aufnahme die Apparatur geöffnet werden. Um dies zu vermeiden, werden gewöhnlich die auf den Leuchtschirmen auftretenden Bilder mit einem außerhalb der Versuchsanordnung befindlichen photographischen Apparat in natürlicher Größe photographiert.

Experimentelle Versuche in dieser Richtung von M. KNOLL und E. RUSKA[1] zeigten die erwähnten Merkmale der Lochkameramethode,

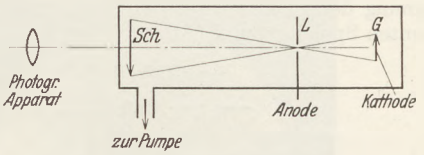


Fig. 1. Schematische Darstellung einer elektronenoptischen Lochkamera.

nämlich zunehmende Schärfe und abnehmende Helligkeit der Bilder bei abnehmenden Lochdimensionen.

2. Abbildung durch magnetische Felder.

a) Magnetische Elektronenoptik. Überall dort, wo es darauf ankam, Elektronenstrahlen von möglichst großer Intensität und kleinem Querschnitt zu konzentrieren (z. B. Kathodenstrahloszillograph), werden seit langem mit Erfolg Magnetspulen verwendet. Als erster benutzte wohl E. WIECHERT[2] 1898 eine derartige magnetische Sammelspule bei Kathodenstrahlmessungen, wobei die Spule die ganze Länge des Kathodenstrahls umgab. Das hierbei von den Elektronen durchlaufene Feld ist im wesentlichen homogen. Eine elektronenoptische Abbildung mittels einer solchen langen Spule ist möglich, würde aber nur Bilder in natürlicher Größe liefern und somit keine besonderen Vorteile bieten. Die Abbildung 1 : 1 folgt ganz anschaulich einfach aus der Tatsache, daß die Spule so lang ist wie die Entfernung Kathode-Bild, d. h. daß die Anordnung symmetrisch zum Mittelpunkt dieser Strecke ist. Dem entspricht geometrisch-optisch die Anbringung der Linse in der Mitte zwischen Gegenstand und Bild.

Der Übergang zu einer im Verhältnis zur Strahllänge kurzen Magnetspule ist dagegen von großer Bedeutung für die Elektronenoptik geworden. Bei derartigen Spulen ist das von den Elektronenstrahlen durchlaufene Feld stark inhomogen. Nach H. BUSCH wirkt diese Spule auf die Elektronen wie eine Sammellinse, so daß also eine elektronen-optische Abbildung möglich ist. Für die Vergrößerung erhält man die von der Optik her bekannte Beziehung $v = \frac{b}{a} = \frac{B}{A}$, wobei B die Bildgröße ist, A die Gegenstandsgröße. Die

[1] H. BUSCH: Ann. Physik **81**, 974 (1926); Arch. Elektrotechn. **18**, 583 (1927).

[1] M. KNOLL u. E. RUSKA: Ann. Physik **12**, 607 (1932).

[2] E. WIECHERT: Ann. Physik **69**, 739 (1899).

Brennweite einer solchen „magnetischen Sammellinse“ berechnet sich aus der Beziehung

$$f = \left(\frac{2v}{\frac{e}{m}}\right)^2 \frac{1}{\int_{-\infty}^{+\infty} \mathfrak{H}^2(z)\,dz}, \qquad (1)$$

für v als Geschwindigkeit der Strahlelektronen (für eine gegebene Spannung als konstant zu betrachten) und $\frac{e}{m}$ als spezifische Ladung. Das Integral ist über die ganze Symmetrieachse z von $-\infty$ bis $+\infty$ zu nehmen.

Man kann auch nach KNOLL und RUSKA[1] die Brennweite ausdrücken durch die Beschleunigungsspannung der Elektronen U_b (Kilovolt) und den gesamten Spulenstrom J (Ampere), der durch den

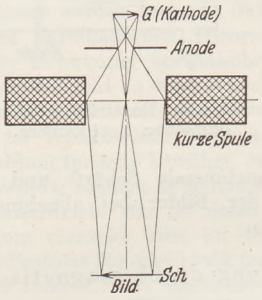


Fig. 2. Strahlengang bei einer kurzen magnetischen Sammelspule.

als annähernd quadratisch angenommenen Wickelungsquerschnitt der Spule fließt. Es ist dann

$$f \approx \text{const.} \frac{U_b \cdot d}{J^2}\ (\text{cm}), \qquad (2)$$

d ist der mittlere Spulendurchmesser.

Die Brennweite f ist demnach außer von dem Spulenfeld $\mathfrak{H}$ (bzw. Spulenstrom J) nur noch von v (bzw. Beschleunigungsspannung U_b) abhängig. Da $\mathfrak{H}$ und v experimentell leicht zu verändern sind, kann man beliebige Brennweiten mit einer und derselben magnetischen Sammellinse erzeugen! Ein Analogon in der gewöhnlichen Lichtoptik fehlt hierfür. Den schematischen Strahlengang einer solchen magnetischen Sammellinse veranschaulicht Fig. 2.

In Fig. 2 ist als Gegenstand G die Elektronen ausstrahlende Kathode gezeichnet. Statt dessen kann man natürlich zwischen Kathode und Anode einen beliebigen Gegenstand anbringen, der von den Elektronen bestrahlt oder durchstrahlt wird. KNOLL und RUSKA berichten, daß sich mit einer solchen kurzen Sammelspule bis zu 400fache Vergrößerungen des Gegenstandes erreichen lassen, ohne daß die Güte und Lichtstärke der so erhaltenen Bilder den durch gute Glassammellinsen erzeugten nachstehen.

b) Magnetisches Elektronenmikroskop. Nach den vorstehenden Bemerkungen über magnetische Sammellinsen steht der Konstruktion eines magnetischen Elektronenmikroskops grundsätzlich nichts mehr im Wege. Fig. 3 stellt ein solches Mikroskop für schnelle Elektronen ($U_b = 10$ bis 100 kV) nach KNOLL und RUSKA dar.

Es besteht aus einem Metallrohr in Verbindung mit der Strahlenquelle einer Ionenröhre. Als abbildende Systeme dienen eisengekapselte

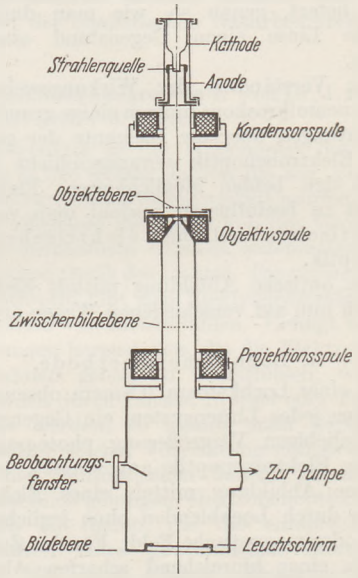


Fig. 3. Magnetisches Elektronenmikroskop mit kalter Kathode.

Sammelspulen: die „Objektivspule“ mit möglichst kleinem inneren Durchmesser und die „Projektionsspule“. Diese vergrößert das von der Objektivspule erzeugte Zwischenbild noch weiter. Für geringere Vergrößerungen kommt man lediglich mit der Objektivspule allein aus. Die sog. Kondensorspule dient entsprechend der gewöhnlichen Mikroskopie zur Konzentrierung der Elektronenstrahlen auf den abzubildenden Gegenstand (Durchstrahlungsmethode). Statt des Leuchtschirmes wird die von den Elektronen erregte Fluoreszenz auf einer Glasplatte beobachtet. Der photographische Apparat befindet sich außerhalb der Vakuumanordnung (vgl. Lochkameramethode).

Die Mikrophotogramme in Fig. 4*a* und *b* sind der gleichen Arbeit von KNOLL und RUSKA entnommen. Ein Molybdändrahtnetz wurde an die in Fig. 3 mit „Objektebene“ bezeichnete Stelle gebracht und mit einem durch die Kondensorspule konzentrierten Elektronenstrahlbündel durchstrahlt.

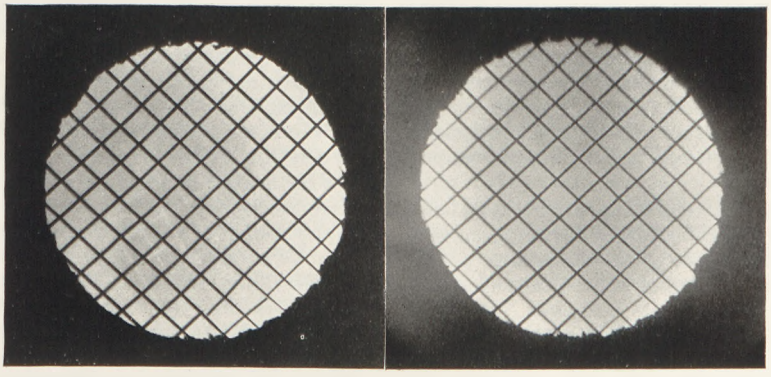
Das gleiche Drahtnetz wurde mit einem normalen Zeissmikroskop in gleicher Vergrößerung aufgenommen. KNOLL und RUSKA bemerken hierzu: „Man sieht, daß die Bildqualität der

[1] M. KNOLL u. E. RUSKA: Zeitschr. Physik **78**, 318 (1932). Ferner: M. KNOLL u. E. RUSKA: Zeitschr. techn. Physik **12**, 389, 448 (1931). E. BRÜCHE: Zeitschr. techn. Physik **14**, 49 (1933). E. BRÜCHE u. H. JOHANNSON: Naturwiss. **20**, 353 (1932). M. KNOLL, F. G. HOUTERMANS u. W. SCHULZE: Zeitschr. Physik **78**, 340 (1932). B. v. BORRIES u. E. RUSKA: Zeitschr. Physik **83**, 187 (1933). E. RUSKA: Zeitschr. Physik **83**, 492 (1933).

elektronenoptischen Aufnahmen eher besser ist, insbesondere wegen der größeren Kontraste."

Da in dem vorliegenden Bericht nur über die Grundgedanken des Elektronenmikroskops berichtet werden soll, so können die bei diesem auftretenden Fehlerquellen (z. B. Linsenfehler) und ihre Beseitigung nicht besprochen werden.

Im Anschluß hieran mögen nun noch mehrere Untersuchungsmethoden, die mit einem Elektronenmikroskop möglich sind, kurz zusammengestellt werden. Die elektronenoptische Abbildung, mit der das Bild der Fig. 4*a* gewonnen



a *b*

Fig. 4. Vergleich zwischen elektronen- und lichtoptischer Abbildung. Molybdändrahtnetz, Drahtabstand 0,3 mm, 12fach in einer Stufe auf vergoldetem Glasleuchtschirm vergrößert; Beschleunigungsspannung 70 kV. *a* Durch Elektronenmikroskop; *b* durch normales Mikroskop.

wurde, kann man kurz als Durchstrahlungsmethode bezeichnen, entsprechend der Beleuchtung im durchfallenden Licht in der gewöhnlichen Mikroskopie. Liegt dagegen die Strahlungsquelle so zwischen Gegenstand und Objektivspule, daß der Elektronenstrahl von der Oberfläche des zu untersuchenden Gegenstandes reflektiert wird, dann bezeichnet man dies am zweckmäßigsten als Reflexionsmethode. (In der gewöhnlichen Mikroskopie entspricht dem die Beobachtung im auffallenden Licht.) Wie schon erwähnt, kann auch als Gegenstand die Elektronenstrahlquelle selbst abgebildet werden, wobei man dann über gewisse Vorgänge bei der Elektronenemission Aufschluß erhalten kann (Emissionsmethode). Durch Kombination einer elektronenoptischen und einer rein lichtoptischen Abbildung gelangt man zu einer weiteren Anwendungsmöglichkeit; hierbei wird das auf dem Leuchtschirm entstandene Bild mittels eines normalen Mikroskops weiter vergrößert. Auf Einzelheiten soll jedoch nicht näher eingegangen werden.

c) Auflösungsvermögen eines Elektronenmikroskops. Interessant ist nun noch die Frage nach der Leistungsfähigkeit eines Elektronenmikroskops. Das Auflösungsvermögen eines normalen Mikroskops, also die Fähigkeit, zwei um die Strecke d auseinanderliegende Punkte noch getrennt wiederzugeben, ist bekanntlich bei gerader Beleuchtung durch den Ausdruck $d = \frac{\lambda}{A}$ bestimmt, wobei λ die Wellenlänge des benutzten Lichtes und A die Apertur bedeuten. So wird bei einer Beleuchtung mit weißem bzw. gelbem Licht ($\lambda = 0{,}59\,\mu$) und einer Apertur von $A = 0{,}9$ bei Verwendung von Trockensystemen und von $A = 1{,}4$ bei Ölimmersionen $d \approx 0{,}66\,\mu = 6600$ Å bzw. $d \approx 0{,}41\,\mu = 4100$ Å. Das Auflösungsvermögen d' eines Elektronenmikroskops ist entsprechend definiert, wenn man statt der Lichtwellenlänge die DE BROGLIE-Wellenlänge der Elektronen $\lambda = \frac{h}{m \cdot v} = \sqrt{\frac{150}{U_b}} \cdot 10^{-8}$ cm einführt (siehe auch Bericht von A. WENZEL, a. a. O.). In der beigefügten Tabelle sind für einige Beschleunigungsspannungen die zugehörigen Wellenlängen zusammengestellt worden.

U_b in Volt	λ in μ	d' in Å
750	$4{,}5 \cdot 10^{-5}$	22,5
7500	$1{,}4 \cdot 10^{-5}$	7
75000	$4{,}5 \cdot 10^{-6}$	2,25

Nach KNOLL und RUSKA ist die Apertur eines von ihnen benutzten magnetischen Elektronenmikroskops $A' = 0{,}02$. Hiermit berechnet sich das theoretische Auflösungsvermögen d' zu den in Spalte 3 der Tabelle angegebenen Werten. Das theoretische Auflösungsvermögen eines Elektronenmikroskops liegt demnach um 2 bis 3 Zehnerpotenzen höher als das eines normalen Mikroskops und hat bereits die Größenordnung von Atomdimensionen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß diese Betrachtungen vorerst rein theoretischen Charakter tragen und Versuche, sie zu bestätigen, noch im Gange sind.

Die elektrische Elektronenoptik und das elektrische Elektronenmikroskop sollen in einem zweiten Bericht eingehend behandelt werden.

Neutronen und Positronen (positive Elektronen). Bericht von E. LAMLA in Charlottenburg.

Seit der Aufstellung des BOHRschen Atommodells im Jahre 1913 sahen wir — trotz mancher Änderung unserer Auffassung im einzelnen — das

Proton und das Elektron als die Urbestandteile der Materie an. Das Proton ist der Wasserstoffatomkern; es trägt eine positive Elementarladung ($1{,}59 \cdot 10^{-19}$ Coulomb) und besitzt die Masse $1{,}66 \cdot 10^{-24}$ g. Das Elektron hat eine negative Ladung gleicher Größe; seine Masse beträgt $0{,}90 \cdot 10^{-27}$ g. Die Atomkerne der Elemente höherer Ordnungszahl sind in einer noch nicht im einzelnen bekannten Weise aus Protonen und Elektronen aufgebaut. Die Abweichung des Atomgewichts von der Summe der Einzelmassen der das Atom aufbauenden Protonen und Elektronen, der sog. Massendefekt, hängt mit der inneren Energie des Atoms zusammen. Das Studium des Massendefekts dürfte näheren Aufschluß über den Bau des Atomkerns bringen. Die Ladungszahl der Atomkerne liegt bei den uns bekannten Elementen zwischen 1 (Wasserstoff) und 92 (Uran). In neuester Zeit hat man 2 neue atomare Gebilde kennengelernt, die Neutronen und die Positronen oder die positiven Elektronen.

Beschießt man leichte Elemente mit α-Teilchen, so werden in den Atomkernen Strahlungen komplexer Natur ausgelöst, die meist aus β- und γ-Strahlen bestehen, aber unter Umständen auch noch andere Bestandteile enthalten. Besonders durchdringend ist z. B. die Strahlung, die von Polonium-α-Teilchen in Beryllium ausgelöst wird. L. CURIE und JOLIOT in Paris fanden 1932, daß diese durchdringende Strahlung in wasserstoffhaltigen Substanzen Protonen, also Wasserstoffkerne, erzeugt. Der Nachweis hierfür erfolgte sowohl mit der Ionisationskammer wie mit der Nebelkammer[1], in die z. B. Paraffin oder Methan gebracht worden war. Wurde statt dessen Helium oder Stickstoff in die Kammer gefüllt, so wurden ebenfalls Sekundärstrahlen erregt, die nun aus Helium- bzw. Stickstoffatomen bestanden. Bemerkenswert war, daß die Bahnen der Berylliumstrahlung selbst nicht zu sehen waren. Die richtige Deutung der Versuche hat zuerst CHADWICK 1932 gegeben: Die durch die α-Teilchen im Beryllium erzeugte durchdringende Strahlung, die dann die Protonen auslöst, besteht aus Neutronen, d. h. aus Teilchen mit der Kernladung null und der Masse des Protons. Die Massenabschätzung erfolgte dadurch, daß man einmal Wasserstoffatome, sodann Stickstoffatome (Massenverhältnis 1:14) durch Neutronenstoß in Bewegung setzte und die Geschwindigkeit (aus der Reichweite u. dgl.) bestimmte; nach den Gesetzen des elastischen Stoßes findet man daraus die Größe der stoßenden Masse. Stellt man sich das Neutron als eine enge Vereinigung zwischen einem Proton und einem Elektron vor, so besteht sein Unterschied gegenüber einem Wasserstoffatom darin, daß dieses ein Proton als Kern und ein Elektron in der Hülle enthält (Hüllenradius von der Größenordnung 10^{-8} cm), während beim Neutron im Kerne selbst Proton und Elektron vereinigt sind (Größenordnung des Kernradius 10^{-13} cm). Schon 1920 hat RUTHERFORD die Existenz der Neutronen vermutet, auch den Namen dafür geprägt; doch sind damals die Versuche ohne Erfolg geblieben. Daraus, daß die Neutronen keine Ladung haben, erklärt sich die Tatsache, daß sie äußerst schwach ionisieren (auf 300 cm Neutronenbahn entfällt nur ein erzeugtes Ionenpaar), daß also ihre Bahn bei den CURIEschen Versuchen nicht zu sehen war. Ihre Ladungsfreiheit und ihre ungeheure Kleinheit (Kerndimension!) macht weiter verständlich, daß sie außerordentlich durchdringend sind; z. B. gehen nach Versuchen von THIBAUD die durch RaEm aus Beryllium erzeugten Neutronen noch durch 30 cm Blei mit 10% ihrer Intensität hindurch. Vielleicht können Neutronen auch ohne große Geschwindigkeit, etwa infolge ihrer Wärmebewegung allein, die Materie durchdringen. Ob es ein Element „Neutronium" in meßbarer Menge auf der Erde gibt, läßt sich noch nicht sagen; die Ansichten über die Möglichkeit des Vorkommens gehen weit auseinander.

Die Entstehung der Neutronen aus dem Beryllium kann man sich nach folgendem Schema denken:

$$\mathrm{Be}^{9}_{\mathrm{IV}} + \mathrm{He}^{4}_{\mathrm{II}} \rightarrow \mathrm{C}^{12}_{\mathrm{VI}} + \mathrm{n}^{1}_{0}.$$

Dabei bedeuten die arabischen Ziffern das Atomgewicht, die römischen die Kernladung, n ist das Neutron.

Die Neutronen rufen ihrerseits Kernumwandlungen hervor, z. B.
mit Einfangen des Neutrons nach dem Schema

$$\mathrm{N}^{14}_{\mathrm{VII}} + \mathrm{n}^{1}_{0} \rightarrow \mathrm{B}^{11}_{\mathrm{V}} + \mathrm{He}^{4}_{\mathrm{II}},$$

ohne Einfangen des Neutrons nach dem Schema

$$\mathrm{N}^{14}_{\mathrm{VII}} + \mathrm{n}^{1}_{0} \rightarrow \mathrm{C}^{13}_{\mathrm{VI}} + \mathrm{H}^{1}_{1} + \mathrm{n}^{1}_{0}.$$

Im zweiten Fall entsteht ein Kohlenstoffisotop.

Ähnlich wie aus Beryllium erhält man Neutronen auch, wenn man Bor und Lithium, und, freilich in viel schwächerem Maße, wenn man Aluminium, Natrium, Fluor mit α-Teilchen beschießt. Der Aussendung der Neutronen läuft oft eine Emission sehr harter γ-Strahlung parallel.

CURIE und JOLIOT haben bei ihren Neutronenversuchen schon 1932 in der Nebelkammer auch zahlreiche Elektronenbahnen beobachtet, von denen einige im Magnetfeld „umgekehrt gekrümmt" waren, d. h. die Ablenkungsrichtung war gerade entgegengesetzt der, die man aus der Richtung des Magnetfeldes und der Bewegungsrichtung der negativen Elektronen zu erwarten hatte. Sie deuteten das als Bahnen von Elektronen, die auf die Quelle zulaufen. BLACKETT und OCCHIALINI haben

[1] Das Prinzip der WILSONschen „Nebelkammer" besteht in folgendem: Ein kleines, allseitig geschlossenes Hohlgefäß mit durchsichtigen Wänden und beweglichem Boden ist mit Wasserdampf gesättigt (auf dem Boden liegt z. B. feuchte Gelatine). Durch plötzliches Herabbewegen des Bodens tritt infolge adiabatischer Expansion Abkühlung und dadurch Übersättigung ein. Bewegt sich jetzt ein α-Teilchen, ein Elektron, ein Proton usw. durch die Kammer, so ionisiert es die auf seinem Wege liegenden Gasmolekeln. Die so erzeugten Ionen wirken als Kondensationskerne; an ihnen kondensiert sich der Wasserdampf in feinen Tröpfchen, so daß die ganze Bahn des Teilchens beobachtet und photographiert werden kann.

dann 1933 auf die Möglichkeit hingewiesen, daß es sich um Bahnen „positiver Elektronen" handelt. Versuche von L. Meitner und K. Philipp in Berlin-Dahlem haben diese Vermutung als richtig bestätigt. Sie haben gezeigt, daß tatsächlich positive Elektronen entstehen; diese werden durch die mit den Neutronen zugleich entstehenden harten γ-Strahlen erzeugt, wie z. B. daraus hervorgeht, daß positive Elektronen auch durch die sehr harte γ-Strahlung des Thorium C″ allein erzeugt werden können. Die positiven Elektronen stammten bei den Meitnerschen Versuchen aus der Messinghülle, also aus Cu- und Zn-Kernen, bei Curie und Joliot aus dem Blei.

Kurz vorher schon hatte (1933) der amerikanische Physiker Anderson — zum Teil zusammen mit Millikan — gefunden, daß die „Ultrastrahlung", d. h. der harte Teil der sog. Höhenstrahlung (auch kosmische Strahlung genannt) in der Materie Kernprozesse hervorruft, bei denen positive und negative Elektronen in gleicher Zahl, also paarweise erzeugt werden. Die Untersuchungen, bei denen mit einer Nebelkammer in Magnetfeldern von 15000 bis 20000 Gauß gearbeitet wurde, und bei denen alle Fehlerquellen sorgfältig ferngehalten wurden, haben die Existenz der positiven Elektronen oder der „Positronen" sichergestellt. Es handelt sich um Teilchen, die gleiche Masse und gleiche Ladungsmenge haben wie die gewöhnlichen Elektronen; aber die Ladung ist positiv. Bei den Versuchen von Anderson wiesen zuweilen viele Bahnspuren zum gleichen Ursprungsort hin; ein solcher „Schauer" deutet offenbar an, daß eine Art Atomexplosion stattgefunden hat. Ähnliche Untersuchungen der Ultrastrahlung sind kürzlich von Paul Kunze in Rostock angestellt worden.

Inzwischen hat Thibaud auch positive Elektronen, die durch Radiothor-Strahlung in Blei erzeugt waren, magnetisch abgelenkt und festgestellt, daß ihre spezifische Ladung (e/m) von derselben Größe ist wie bei negativen Elektronen.

Es ist zu erwarten, daß uns die weiteren Forschungen über Neutronen und Positronen neuartige wichtige Aufschlüsse über den Aufbau der Materie bringen werden. Auch die Frage nach den Urbestandteilen der Materie wird neu aufgeworfen. Ist ein Neutron eine enge Verbindung eines Protons und eines Elektrons, oder ist ein Proton eine solche zwischen einem Neutron und einem Positron? Gibt es neben dem positiven Proton und dem Neutron vielleicht auch negative Teilchen gleicher Masse? Gibt es etwa außer dem negativen und dem positiven auch ein „neutrales Elektron"? Wenn derartige noch unbekannte Teilchen nicht existieren, welches sind die eigentlichen Grundbausteine der Materie?

Wo liegt das Grenzgebiet, wo Strahlung und Materie ineinander übergehen? Und was geschieht dabei? Nach J. Curie und Joliot z. B. verwandelt ein Photon der harten γ-Strahlung, das ja den Energiebetrag $h\nu$ darstellt, beim Zusammenstoß mit einem schweren Kern einen Teil seiner Energie in zwei Elektronen verschiedenen Vorzeichens[1]; der Rest findet sich teils als kinetische Energie der beiden Elektronen, teils in Strahlung geringerer Frequenz wieder.

[1] Diese „Materialisation" beansprucht einen Energiebetrag E, den man leicht findet, wenn man bedenkt, daß nach der Relativitätstheorie der Energie E die Masse E/c^2 entspricht, wobei $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec die Lichtgeschwindigkeit ist. Sollen also zwei Elektronen von je $0{,}9 \cdot 10^{-27}$ g Masse entstehen, so ist dazu die Energie $E = 2 \cdot 0{,}9 \cdot 10^{-27}\, 9 \cdot 10^{20} = 1{,}62 \cdot 10^{-6}$ Erg (oder $1{,}02 \cdot 10^6$ Volt) nötig. Aus $h\nu \geqq E$ folgt, da $h = 6{,}54 \cdot 10^{-27}$ Erg·sec ist, daß die Schwingungszahl der erzeugenden γ-Strahlung mindestens $\nu = E/h = 2{,}47 \cdot 10^{20}$ Hertz sein muß; die Wellenlänge darf höchstens $\lambda = c/\nu = 12 \cdot 10^{-11}$ cm = 12 X.E. betragen. Weichere γ-Strahlen besitzen nicht die nötige Energie, um auf die genannte Weise Elektronen zu erzeugen. Das Ergebnis stimmt mit den experimentellen Befunden überein.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Lehrbuch der Physik. Von Dr. Ulrich Seiler. Für österreichische Mittelschulen bearbeitet von Dr. Josef Fohn. II. und III. Teil. V, 210 Seiten mit 172 Abbildungen bzw. V, 174 Seiten mit 165 Abbildungen und 3 Tafeln. Wien: Franz Deuticke 1933. Geb. RM 4,35 bzw. RM 4.—.

Die Bücher sind für österreichische Mittelschulen bestimmt, die unseren höheren Schulen entsprechen. Band II enthält je den zweiten Teil der Mechanik und der Wärmelehre (Dynamik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper; mechanische Wärmetheorie und Ausbreitung der Wärme), ferner Wellenlehre und Akustik, geometrische Optik und Grundlehren der Astronomie. Band III enthält die physikalische Optik sowie die Lehre von der Elektrizität und dem Magnetismus. Die Stoffanordnung innerhalb der einzelnen Kapitel ist ähnlich, wie man sie auch in den meisten reichsdeutschen Physikbüchern findet; die Elektrizitätslehre beginnt mit der Elektrostatik. Was die Bücher auszeichnet, sind klare und vorzügliche Darstellung, gute Abbildungen und Wissenschaftlichkeit. Gelegentliche kleine Unebenheiten („Die Geschwindigkeit ist derjenige Weg . . . ." auf S. 13 in Band II) kommen diesen Vorzügen gegenüber nicht in Betracht. Für jedes Kapitel ist eine größere Zahl von „Übungsfragen" beigegeben. Auch der reichsdeutsche Lehrer wird dem Buch mancherlei Anregung für seinen Unterricht entnehmen können. *E. Lamla.*

Naturlehre für Lehrer- und Lehrerinnenbildungsanstalten. Von Dr. Theodor Konrath unter Mitwirkung von Dr. Hans Bauer. 1. Teil: Grundlagen. 102 Seiten, 79 Abbildungen. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky A.G. 1933. Geb. RM 2,25.

Der vorliegende 1. Band enthält die „Grundlagen", und zwar je zur Hälfte für Physik und für Chemie. Der physikalische Teil zerfällt in 3 Abschnitte: Eigenschaften der Körper (Messen, Gewicht und Masse, Arbeit und Energie u. a.), Wirkungen der Molekularkräfte (Kohäsion, Aggregatzustände, Elastizität, Kapillarität, Lösung, Osmose usw.), Einiges aus der Wärmelehre (Wärmegrad und Thermometer, Wärmemenge und spezifische Wärme, Schmelzen und Verdampfen, Ausbreitung der Wärme). Die zunächst eigenartig anmutende Stoffauswahl wird man vielleicht erst dann gerecht beurteilen können, wenn die folgenden Bände vorliegen. Eins aber ist schon jetzt zu sagen: in einem für künftige Lehrer bestimmten Buche wäre mehrfach schärfere Erziehung zum physikalischen Denken und präzisere Ausdrucksweise am Platze. Um zu zeigen, was ich meine, greife ich 2 Beispiele heraus. Auf S. 15 heißt es: „Stellen wir auf unsere Hand ein Glas und schütten allmählich Wasser, Sand oder Schrote hinein, so nehmen wir wahr, daß das Gewicht in demselben Maße wächst, wie die das Gefäß füllende Stoffmenge oder Masse zunimmt. Wir sagen: Masse und Gewicht sind an demselben Orte einander direkt proportional." Eine Analyse dieser Art von physikalischem Schluß erübrigt sich. Das Verständnis für die Begriffe Suspension, Emulsion, kolloidale Lösung usw. wird nicht gefördert, wenn S. 35 von „kolloidalen Lösungen, die nach Art der Milch als Emulsionen feinster Verteilung anzusehen sind", die Rede ist. Bedauerlich ist, daß Verf. das spezifische Gewicht als Masse pro Volumeneinheit definiert, also die Begriffe „spezifisches Gewicht" und „Dichte" gerade umgekehrt gebraucht, als es sonst üblich ist. Der chemische Teil beginnt mit der Behandlung der Luft; es folgen Wasser, Schwefel, Chlor, Stickstoff, Kohlenstoff. *E. Lamla.*

Physikalische Formelsammlung. Von G. Mahler. Neu bearbeitet von K. Mahler. Mit 71 Figuren. 6. verbesserte Auflage. 152 Seiten. Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter & Co. 1933. Bd. 136 der Sammlung Göschen. Preis: in Leinen geb. RM 1,62.

Die 6. Auflage der in der vorliegenden Zeitschr. **21**, 65 (1908) besprochenen Formelsammlung ist gegen früher den Forschritten der Physik entsprechend erweitert worden. Das Buch erspart dem rechnenden Schulphysiker das Nachschlagen in Lehrbüchern; ein ausführliches Inhaltsverzeichnis und ein reichhaltiges Register der Stichwörter machen das Auffinden von Einzelheiten recht bequem. Wie zahlreiche Proben ergeben haben, sind die Formeln zuverlässig. Das handliche und gut ausgestattete Büchlein befriedigt ein vorhandenes Bedürfnis; man kann ihm weite Verbreitung und eifrige Benutzung wünschen. *Mtth.*

Mechanik, physikalische Grundlagen vom technischen Standpunkt. Erster Teil: Statik. Von Dr. Heinrich Blasius. 178 Seiten, 191 Abbildungen. Hamburg: Boysen und Maasch 1932. Preis geh. RM 5,40, geb. in Leinen RM 6,75.

Das Charakteristische dieses Lehrbuches, das nach den Angaben des Verfassers aus seinem langjährigen Unterricht an den Technischen Staatslehranstalten zu Hamburg erwachsen ist, liegt in dem Lehrverfahren; es wird das Anwendungsbeispiel in den Mittelpunkt aller Erörterungen gerückt, und von ihm ausgehend werden die Behandlungsmethoden für ähnliche Aufgaben abgeleitet. Das Vorführen der Lösung von praktischen Aufgaben bis zum zahlenmäßigen Endergebnis befähigt den Lernenden, das gleiche zu vollbringen. Es ist eine richtige Erkenntnis, daß der Aufwand an Gedankenarbeit für die Auswertung der abstrakten Lösungsformel in praktische Zahlenwerte meistens unterschätzt wird. Infolgedessen sind Studierende mit guter Auffassungsgabe hierzu häufig nicht imstande, weil sie ohne Übung in der praktischen Auswertung nicht merken, daß sie den Begriffsinhalt der einzelnen Formelgrößen, wenn schon verstanden, so doch nicht behalten haben. Durch die Art der Behandlung des Themas, die dem Studierenden die Möglichkeit gibt, sich auf mühelose Weise zum sicheren Rechner bei der Behandlung statischer Aufgaben im Rahmen des Buches auszubilden, wird zweifellos einem noch vorhandenen Bedürfnis entsprochen, das sonst ganz allgemein vielleicht verneint werden müßte; denn Lehrbücher über Statik gibt es viele.

Das erste Kapitel behandelt die Grundbegriffe der Mechanik. Es folgen in den nächsten Abschnitten die Kräfte am Punkt; mehrere Punkte; Reibung; Raumpunkt; Kräfte an der Scheibe zeichnerisch und rechnerisch; Körper; Schwerpunkt; Stabilität; Reibung und Fachwerke.

Holm.

Mechanik, physikalische Grundlagen vom technischen Standpunkt. Zweiter Teil: Elastizität und Festigkeit. Von Dr. Heinrich Blasius. 152 Seiten, 124 Abbildungen im Text. Hamburg: Boysen und Maasch 1933. Preis geh. RM 4,50, geb. RM 5,70.

Ebenso wie die älteren Werke des Verfassers, „Wärmelehre" und „Statik", zeichnet sich das vorliegende Werk durch Anschaulichkeit und Klarheit der Begriffsbildung aus. Ausgehend von Zahlenbeispielen für bestimmte Aufgaben wird das Wesen der Spannungsverteilung in Körpern bei verschiedenen Beanspruchungsverhältnissen erläutert. Die Wirkungsweise der inneren Kräfte wird in geschickter Weise veranschaulicht, wie beispielsweise beim gebogenen Balken durch eine Gliederkette, deren einzelne Glieder gelenkig miteinander verbunden sind und sich durch Federn gegeneinander abstützen. Die Federkräfte entsprechen den Zug- und Druckspannungen usw. Auf ähnliche Weise werden an anderen Stellen mögliche Zweifel und Unklarheiten durch plastische Veranschaulichung der Kraftwirkungen zerstreut und beseitigt. Der Wert des Buches liegt, wie der der vorhergehenden Werke, nicht in dem, was es bringt, sondern darin, wie es den Stoff bringt, d. h., in der Methodik. Die Stoffbehandlung macht, wie der Verfasser selbst

angibt, auf Vollständigkeit keinen Anspruch. Sie umfaßt: die Grundlagen der Biegungslehre; zusammengesetzte Beanspruchung; unsymmetrische Profile; Biegung und Torsion; Knickung. Die Eigenart des Werkes mit seiner besonderen Art der Darstellungsweise wird ihm seinen Platz trotz der schon überreichlichen Fachliteratur dieses Gebietes sichern. *Holm.*

Vorlesungen über technische Mechanik. Von A. Föppl †. 4. Band: Dynamik. 448 Seiten, 114 Abbildungen im Text. 8. Auflage, bearbeitet von Dr. Ing. A. Busemann, Prof. Dr. L. Föppl und Prof. Dr. O. Föppl. Berlin und Leipzig: B. G. Teubner 1933. Preis geb. RM 14,—.

Die Werke von A. Föppl über Mechanik bedürfen keiner besonderen Empfehlung mehr; sie haben längst für die Fachwelt klassische Bedeutung erlangt. Um so dankenswerter ist es, daß sich Berufene finden, sie den Fortschritten des technischen Wissens entsprechend umzuarbeiten und zu ergänzen. Das ist bei dem vorliegenden Werk vor allem bei dem Abschnitt über Schwingungen geschehen. Ebenso sind in dem Abschnitt über Hydrodynamik die modernen Anschauungen über Strömungsvorgänge in Flüssigkeiten und Gasen berücksichtigt, wie sie sich vorzugsweise aus den Forschungsarbeiten von L. Prandtl in der Versuchsanstalt in Göttingen ergeben.

Die Darstellungsart paßt sich bei den Neubearbeitungen der des verstorbenen Verfassers an, so daß man sie im wesentlichen nur am Stoff und nicht an der Methodik erkennt. *Holm.*

Potentialfelder der Elektrotechnik. Von F. Ollendorf. VIII, 395 Seiten, 244 Abbildungen im Text. Berlin: Julius Springer 1932. Preis geb. RM 32,—.

Wer die bisher erschienenen Ollendorfschen Bücher kennt, wird keinen Augenblick darüber im Zweifel sein, daß es sich auch hier wieder um ein Meisterwerk handelt. Diese Annahme bestätigt sich bei der Durchsicht des Werkes vollauf. Eine sachliche Stellungnahme erübrigt sich daher.

Die Darstellung ist nicht einfach. Nach einem einleitenden Abschnitt, der in zwei Kapiteln den Begriff und die Grundgesetze der wirbelfreien Felder kurz rekapituliert, wird unter stetiger Entwicklung des umfangreichen mathematischen Rüstzeuges von hohem Standpunkt aus eine Auswahl von physikalischen und technischen Problemen behandelt. Das Buch befolgt also keinen physikalischen oder überhaupt didaktischen Aufbauplan; es wählt aus dem großen Gebiet Aufgaben in bunter Folge aus, wobei sich manchmal überraschende Parallelen ergeben; es vermittelt nicht Kenntnisse, sondern Erkenntnisse. Eine gewisse Vertrautheit mit der Methodik der höheren mathematischen Disziplinen wird allerdings vorausgesetzt; wer hierüber nicht verfügt, wird auf erhebliche Schwierigkeiten stoßen.

Was die Einteilung des überaus umfangreichen Stoffes anbelangt, der sich auf 385 Seiten natürlich nicht erschöpfend behandeln läßt, so wird das Gebiet nach der erklärenden Einleitung in zwei große Abschnitte gegliedert, deren erster die Konstruktion von Potentialfeldern behandelt, während der zweite sich mit der Lösung von Randwertaufgaben befaßt. Die Abhandlungen werden nach sachlichen bzw. theoretischen Gesichtspunkten zu Kapiteln zusammengefaßt: so werden im ersten Teil Quellenfelder, Dipolfelder, Polarisation, molekulare Dipole, stetig verteilte Quellen, gestreckte Leiter und zweidimensionale Gitterfelder besprochen. Der zweite Teil enthält die Kapitel: Komplexe Potentiale, Feldausbildung an scharfen Kanten, die Potentialgleichung in Cartesischen Koordinaten, Kugelfelder, Koordinaten des abgeplatteten Rotationsellipsoides, Koordinaten des gestreckten Rotationsellipsoides, Zylinderfelder und räumliche Spiegelung. Ein umfangreiches Literaturverzeichnis sowie ein Sachregister beschließen das Buch.

Trotz der nach theoretisch-mathematischen Gesichtspunkten erfolgten Einteilung schweben die behandelten Probleme nicht etwa im Nebel der grauen Theorie, sondern tragen meist einen überraschend praktischen, technischen Charakter. Viele Ergebnisse sind ohne weiteres technisch verwendbar. Oft sind auch Zahlenbeispiele eingestreut. Eine willkürlich herausgegriffene Auswahl mag einen Begriff davon geben: Wirkung von Fehlstellen in Isolatoren, Schirmwirkung von Mauern gegen elektrische Wellen, Elektronenaustrittsarbeit aus thorierten Wolframkathoden, Blitzschlag in einen Hochspannungsmast, Beeinflussung einer Fernmeldeleitung durch eine Drehstromleitung, Durchgriff von Wendel- und Steggitterröhren sowie von Stabröhren, magnetischer Widerstand gelochter Bleche, elektrostatische Abschirmung von Freileitungen durch Wald, elektrisches Feld an einer Blende, Funkfehlweisung auf Schiffen als Folge des Schiffskörpers.

Druck und Ausstattung sind durch den Verlag in bester Weise ausgeführt worden. *Zickner.*

The measurement of very small inductances. By C. L. Fortescue. Journ. scient. Instruments **10**, 301—305 (1933).

Die Arbeit enthält eine Methode zur Messung von Selbstinduktionen der Größenordnung 100 cm mit einer Genauigkeit von etwa 0,5%. Als Normal der Selbstinduktion dient ein zylindrischer Leiter in einem Messingrohr, in dem ein Kontakt meßbar verschoben werden kann. Der Apparat hat je Zentimeter Verschiebung etwa 5 cm Selbstinduktion. Normal und Prüfling werden in Reihe miteinander, einem Drehkondensator kleiner Kapazität und einem Thermokreuz als Resonanzindikator zu einem Schwingungskreis zusammengeschaltet, der mit $25 \cdot 10^6$ Hertz erregt wird. Nach Resonanzeinstellung wird die Prüfspule durch einen Quecksilberkontakt kurzgeschlossen und die Resonanz durch Verändern des Normals wiederhergestellt. Die Differenz der Einstellungen des Normals ergibt die Selbstinduktion des Prüflings. Das Resultat wird beeinflußt durch Korrektionen, die durch Streukapazitäten

und Widerstände der Anordnung bedingt sind und deren Einfluß rechnerisch ermittelt wird. Sorgfältige Abschirmung, auch der Prüfspule, ist Vorbedingung für befriedigende Ergebnisse.

Zickner.

Einführung in die Schwingungslehre nebst Anwendungen auf mechanische und elektrische Schwingungen. Von Dr. H. Barkhausen, ordentlicher Professor und Direktor des Institutes für Schwachstromtechnik an der Technischen Hochschule Dresden. Mit 118 Abbildungen, 128 Seiten. Leipzig: S. Hirzel 1932. Preis geh. RM 5,—; geb. RM 6,50.

In Vorwort schreibt Barkhausen, daß nach seiner Meinung ein allgemeineres Bedürfnis vorzuliegen scheine nach einem Buch, das in anschaulicher Weise tiefer in das Wesen der Schwingungsvorgänge einzudringen sucht, als es in den Lehrbüchern zu geschehen pflegt. Ich glaube, viele Leser dieser Zeitschrift werden ihm darin beipflichten. Ohne Zweifel wird man Barkhausen zugestehen müssen, daß er das Bedürfnis in ausgezeichneter Weise befriedigt hat, daß eine Lücke der Fachliteratur in bester Weise geschlossen worden ist. Der Fachmann entdeckt vieles, was sonst nur in den verschiedenen Zeitschriften verstreut steht, und der Lehrer, wo er auch tätig sei, wird vieles vom Gelesenen im Unterricht gebrauchen können in einer Zeit, die schwingende Vorgänge bewußt intensiv ausnutzt und sie beherrschen will.

Barkhausen stellt im ersten Teile seines Buches zunächst die Gesetze einer schwingenden Bewegung auf, indem er sie an der einfachsten Form, der sinusförmigen Schwingung, erläutert. Die Begriffe der Amplitude, der Frequenz und der Phase werden auseinandergesetzt, ferner die Erscheinung der Eigenschwingung, ihr Abklingen infolge von Dämpfung und ihr Aufschaukeln durch Zuführung von Energie beschrieben. Das alles geschieht zunächst nur unter Hinzuziehung von mechanischen Vorgängen. Die elektrischen Schwingungen werden erst später erläutert und die Analogie zwischen mechanischen und elektrischen Schwingungen ausführlich auseinandergesetzt. Im letzten Kapitel des ersten Abschnittes werden die Gesetze der Zusammensetzung sinusförmiger Schwingungen gleicher und ungleicher Frequenz erörtert (Theorem von Fourier), wobei auch das Zustandekommen der Schwebungserscheinungen mathematisch abgeleitet wird. Zahlreiche Beispiele aus der Mechanik, Akustik, Optik und Elektrik werden hier herangezogen.

Im zweiten Abschnitt werden Schwingungsvorgänge von zwei und mehr Freiheitsgraden besprochen (Koppelschwingungen, Oberschwingungen); die Schwingungsformen von Saiten, Stäben, Stimmgabeln, Platten, Membranen, Glocken werden beschrieben, die Theorie der fortschreitenden Wellen an Seilwellen erörtert, die Schwingungsformen von Wasserwellen untersucht und endlich die stehenden elektrischen Wellen auf Leitungen (Lecher) behandelt. Das alles geschieht unter dem Gesichtspunkte, daß zwar die Schwingungsformen je nach dem Medium, in dem sie verlaufen, außerordentlich wechseln, daß aber die Gesetze, nach denen sich die Schwingungen vollziehen, allgemeingültig sind. Am Schluß dieses Abschnittes findet sich eine kurze Abhandlung über die Frequenzgrenzen, innerhalb deren sich die Schwingungen in den verschiedenen Medien (Luft, Wasser, Material, Äther) vollziehen, und über die Schnelligkeit der Fortpflanzung in ihnen. Der letzte Abschnitt ist der kürzeste, er behandelt abschließend die Bedingungen, unter denen Schwingungen irgendwelcher Art entstehen und sich aufrecht erhalten können, wenn die verlorene Energie dauernd ersetzt wird. Die Energiezuführung muß zu ganz bestimmter Zeit erfolgen, der „Anstoß" muß die Phase der Schwingung beachten. Barkhausen zieht auch hier wieder zahlreiche bekannte Beispiele heran, z. B. die Kolbendampfmaschine, die elektrische Klingel, das Pendel einer Uhr, die gestrichene Violinsaite, den Lichtbogengenerator und den Röhrensender, um nur einige zu nennen. Alle verschiedenen „Dauerschwingungen" befolgen im Grunde das gleiche Gesetz der Selbsterregung. Es ist ein schönes Werk, das Barkhausen uns hier geschenkt hat, „geschenkt" auch in der Bedeutung, daß der Preis des Buches durchaus erschwinglich ist.

F. Moeller.

Einführung in die Elektronik. Die Experimentalphysik des freien Elektrons im Lichte der klassischen Theorie und der Wellenmechanik. Von Dr. Otto Klemperer. XII und 303 Seiten, 207 Abbildungen. Berlin: Julius Springer 1933. Preis geh. RM 18,60; geb. RM 19,80.

Das vorliegende Buch „soll dem Physiker zur Einführung in das Gesamtgebiet der Elektronik dienen, indem es eine zusammenfassende kritische Darstellung des geordneten Tatsachenmaterials bietet". Es enthält drei Hauptteile über das freie Elektron, über Elektronenemission und über die Wechselwirkung zwischen freien Elektronen und Atomen. Im ersten Teil werden die Beschleunigung der Elektronen, ihre Bahnen in magnetischen und elektrischen Feldern (Elektronenstrahloptik, Elektronenstrahlmikroskop u. a.), der Nachweis freier Elektronen nach den verschiedensten Methoden, Ladung und Masse der Elektronen, das „Elektronengas" und schließlich die Auffassung des Elektrons als Welle und als Korpuskel behandelt. Der zweite Teil enthält Ausführungen über die Abreißarbeit der Elektronen, die Elektronenemission durch Glühen, durch elektrostatische Felder und durch Licht, den Compton-Effekt, Sekundärelektronen, β-Strahlen. Der dritte Abschnitt endlich beschäftigt sich mit der Ladungsverteilung im Atom, mit der Streuung, Beugung, Brechung, Polarisation und Absorption der Elektronen.

Schon ein flüchtiges Durchblättern des Buches läßt erkennen, welche ungeheure Entwicklung und Ausweitung das Gebiet der Elektronik in der letzten Zeit, zumal in den allerletzten Jahren erfahren hat. Vor rund 30 Jahren wußte man noch herzlich wenig vom Elektron (das Wort

„Elektron" ist 1891 von Stoney eingeführt worden). Um die Jahrhundertwende unternahmen Townsend (1898), J. J. Thomson (1898—1903) und Wilson (1903) die ersten Bestimmungen der Elementarladung nach der Wolken- und Tröpfchenmethode, bestimmte Kaufmann (1897) das Verhältnis von Ladung und Masse, Wiechert (1897) die Geschwindigkeit der Elektronen im Kathodenstrahl. Und heute ist das Gebiet so umfangreich und zugleich praktisch wie theoretisch so außerordentlich wichtig und bedeutungsvoll, daß die vorliegende „Einführung in die Elektronik" nicht weniger als 300 Seiten umfaßt. Was die praktische Bedeutung anbetrifft, so sei nur an das Glimmlicht, an Gleichrichter-, Verstärker- und Senderöhren, an Kathodenstrahl- und Röntgenröhren, an Photozellen, Kathodenstrahloszillographen u. a. erinnert. In bezug auf die theoretische Bedeutung sei auf die Auffassung des Elektrons als Welle und als Korpuskel, und im Zusammenhang damit auf die Beugung der Elektronen und verwandte Erscheinungen hingewiesen, ferner z. B. auf die Tatsache, daß die Vorgänge beim β-Zerfall radioaktiver Substanzen so schwierig und zur Zeit noch so ungeklärt sind, daß wir auf die Elementarprozesse nicht einmal das Energieprinzip anwenden können; auch der Compton-Effekt kann hier erwähnt werden, der die enge Verwandtschaft zwischen Wellen und Korpuskeln zeigt.

Bei dieser Lage der Dinge ist das Erscheinen des Klempererschen Buches auf das wärmste zu begrüßen. Was die Darstellungsweise angeht, so weist der Verf. selbst darauf hin, daß er sich bemüht hat, „die Ergebnisse und ihre Anwendungsmöglichkeiten in den Vordergrund zu stellen und ausführlich zu diskutieren. Erst in zweiter Linie wurde der experimentelle oder theoretische Weg geschildert, auf dem man zu diesen Ergebnissen gelangen kann." Diese Einstellung scheint mir, im ganzen gesehen, gegenüber der ungeheuren Fülle des Stoffes glücklich und richtig. Freilich folgt daraus, daß das vorliegende Buch weniger ein Lehrbuch als vielmehr ein Handbuch ist. Es gibt jedem Physiker und auch jedem Ingenieur einmal einen guten Gesamteinblick in das Gebiet, darüber hinaus aber auch einen vorzüglichen Wegweiser zu allen Einzelproblemen und Einzelergebnissen; sehr zahlreiche und eingehende Literaturangaben ermöglichen mit Leichtigkeit ein weitergehendes Studium der Einzelfragen. Das Buch ist zweifellos eine wertvolle und glückliche Bereicherung der physikalischen Literatur.

E. Lamla.

Die Elektrotechnik und die elektromotorischen Antriebe. Ein elementares Lehrbuch für technische Lehranstalten und zum Selbstunterricht von Dipl.-Ing. W. Lehmann. 2. Aufl. 302 Seiten, 701 Textabbildungen, 112 Beispiele. Berlin: Julius Springer 1933. Preis geh. RM 12,60; geb. RM 13,80.

Das Werk soll ein elementares Lehrbuch für technische Lehranstalten und zum Selbstunterricht sein. Die Darstellungsweise ist kurz, klar, prägnant und doch erschöpfend. Über das „Elementare" geht der Stoff infolge seiner Reichhaltigkeit vielleicht etwas hinaus, trotzdem er auf der anderen Seite in sehr leichtverständlicher Weise zur Darstellung gebracht wird. Der im Vorwort geäußerten Ansicht des Verfassers, daß die Verbindung der allgemeinen Elektrotechnik mit der Besprechung der Anwendungsgebiete ein Vorzug ist, kann durchaus beigestimmt werden.

Die inhaltliche Gliederung zerfällt in 18 Kapitel. Ausgehend vom Magnetismus wird das Wirken der Elektrizität und ihre Anwendungen besprochen. Es folgen eigene Kapitel über den Wechselstrom, den Drehstrom, Meßkunde, die verschiedenen Maschinenarten, Umformer, Gleichrichter, das Kraftwerk usw. Bemerkenswert ist das letzte Kapitel, das wichtige elektrische Antriebe für die verschiedensten Spezialzwecke behandelt.

Holm.

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften. Herausgegeben von der Schriftleitung der „Naturwissenschaften".

Elfter Band. 442 Seiten, 158 Abbildungen. Berlin: Julius Springer 1932. Preis geb. RM 36,60.

Zwölfter Band. 304 Seiten, 107 Abbildungen. Berlin: Julius Springer 1933. Preis geb. RM 25,40.

Unsere Zeitschrift hat zuletzt den 10. Band (1931) im 45. Jahrgang (1932, S. 185) besprochen. Inzwischen sind zwei weitere Bände hinzugekommen.

Band 11 hat folgenden Inhalt: F. Becker (Bonn): Das lokale Sternsystem (30 S., 10 Abb.); K. F. Bottlinger (Neubabelsberg): Die Rotation der Milchstraße (33 S., 9 Abb.); F. Kirchner (München): Elektroneninterferenzen und Röntgeninterferenzen (70 S., 53 Abb.); H. Kallmann (Dahlem) und H. Schüler (Potsdam): Hyperfeinstruktur und Atomkern (42 S., 10 Abb.); A. Rubinowicz und J. Blaton (Lemberg): Die Quadrupolstrahlung (43 S., 7 Abb.); W. Meissner (Charlottenburg): Supraleitfähigkeit (45 S., 20 Abb.); R. Peierls (Zürich): Elektronentheorie der Metalle (59 S., 10 Abb.); E. Vogt (Marburg): Magnetismus der metallischen Elemente (29 S., 6 Abb.); E. Schiebold (Leipzig): Kristallstruktur der Silikate (83 S., 33 Abb.).

Der 12. Band vereinigt die Beiträge: A. Kohlschütter (Bonn): Spektroskopische Parallaxenforschung (35 S., 3 Abb.); R. Tomaschek (Marburg): Die Messungen der zeitlichen Änderungen der Schwerkraft (46 S., 37 Abb.); H. Freundlich (Dahlem): Die Orientierung von Molekülen an Grenzflächen (33 S., 11 Abb.); E. Guth und H. Mark (Wien): Die Viskosität von Lösungen, besonders von Lösungen hochmolekularer Stoffe (48 S., 3 Abb.); L. Farkas (Dahlem): Über Para- und Orthowasserstoff (56 S., 26 Abb.); E. Schiebold (Leipzig): Kristallstruktur der Silikate II (78 S., 27 Abb.).

Es wird kaum einen Leser geben, der fähig wäre, diese Berichte sämtlich nicht nur zu verfolgen, sondern sogar zuverlässige Werturteile darüber zu fällen. Daß die Höhenlage der Bei-

träge auch gesteigerten Ansprüchen genügen wird, dafür bieten die Namen der Verfasser volle Gewähr. Im Berichtteil unserer Zeitschrift wird auf die „Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften" häufig Bezug genommen. Disee Hinweise mögen dazu anregen, recht oft die Aufsätze selbst in den angegebenen Bänden nachzulesen. Dadurch wird eine bessere Bekanntschaft mit den „Ergebnissen" vermittelt, als wenn in einer kurzen Besprechung versucht würde, die Einzelarbeiten zu kennzeichnen.

Es seien nur einige Äußerlichkeiten erwähnt. Zweck dieser Bemerkungen soll sein, an den Herausgeber der 12 Bände zu erinnern; er hält sich so vollkommen zurück, daß sein Name nirgends gedruckt erscheint. L. Boltzmann erzählt einmal (Populäre Schriften: Reise eines deutschen Professors ins Eldorado), welche Schwierigkeiten es bereitet, eine enzyklopädische Zusammenfassung eines wissenschaftlichen Literaturgebietes herauszubringen. „Da gilt es, für jedes Spezialgebiet ... denjenigen herauszufinden, der es am besten beherrscht ... Der Ausgewählte ... muß erstens bewogen werden, daß er einen Beitrag verspricht; dann belehrt und mit allen Mitteln der Überredungskunst dazu vermocht werden, daß er den Beitrag so abfaßt, wie er in den Rahmen des Ganzen paßt und last not least, daß er sein Versprechen auch rechtzeitig hält." Diese mühselige Tätigkeit des Herausgebers tritt bei den „Ergebnissen" unmittelbar überhaupt nicht in die Erscheinung. Sieht man aber die fertigen Bände an, so geben Boltzmanns launige Bemerkungen eine deutliche Vorstellung von der hier aufgewendeten Mühe. Auf das Konto des Herausgebers geht es auch, wenn man seit Band 8 grundsätzlich vor jedem Einzelaufsatz ein genaues Inhaltsverzeichnis und unter jeder Abbildung eine erklärende Unterschrift findet, sowie am Schluß ein Namen- und Sachverzeichnis zum Inhalt aller erschienenen Bände. Wer viel lesen und sich schnell einen Überblick über den wesentlichen Inhalt von Aufsätzen und Büchern verschaffen muß, weiß den außerordentlichen Wert solcher „Hilfen" zu schätzen und wird dafür ganz besonders dankbar sein. Zusammenfassend kann man A. Berliner aus vollem Herzen wünschen, daß seine „Ergebnisse" weiteste Verbreitung finden. *Mtth.*

C. A. Bjerknes. Sein Leben und seine Arbeit. Von Dr. V. Bjerknes, Professor an der Universität Oslo. Aus dem Norwegischen ins Deutsche übertragen von Else Wegener-Köppen. Mit 31 Abbildungen und 1 Bildnis. Berlin: Julius Springer 1933. Preis: geh. RM 8,60, geb. RM 9,80.

Die 218 Seiten umfassende Biographie ist ein wunderschönes Denkmal, das der Sohn seinem bedeutenden Vater Carl Anton Bjerknes gesetzt hat, der von 1825—1903 in Norwegen lebte und von 1863 an zuerst Lektor und dann Professor für angewandte Mathematik und später für reine Mathematik an der Universität Oslo war. C. A. Bjerknes gehört wohl nicht in die Reihe der ganz großen erfolgreichen Forscher, aber wenn F. Rosenberger in seiner Geschichte der Physik bei C. A. Bjerknes im wesentlichen nur auf einige physikalische Versuche hinweist, die auf der elektrischen Ausstellung 1881 in Paris allgemein Aufsehen erregten, so wird er der Bedeutung dieses Forschers nicht ganz gerecht. Es handelt sich bei diesen Versuchen um Erscheinungen, bei denen rotierende oder ihr Volumen rhythmisch verändernde kleine Zylinder und Kugeln, die sich in einer Flüssigkeit befinden, abstoßende oder anziehende Kräfte aufeinander ausüben, und zwar nach Gesetzen, die sehr starke Analogien zu den Gesetzen der Anziehung und Abstoßung bei magnetischen und elektrischen Körpern und demnach auch zur Gravitation zeigen, obwohl gerade dann die Abstoßung eintritt, wenn bei völliger Analogie die Anziehung zu erwarten wäre und umgekehrt. Treffender scheint mir schon Ph. Lenard in seinem Buche „Große Naturforscher" die Bedeutung von C. A. Bjerknes in einer längeren Fußnote (S. 304) zu würdigen. C. A. Bjerknes' wissenschaftliche Arbeit fiel in eine Zeit, in der die Vorstellung von der unvermittelten Fernwirkung der oben genannten Kräfte, die man nicht ganz mit Recht auf Newton zurückführte, die allein herrschende war, so daß jeder Versuch, eine andere Gedankenrichtung einzuschlagen, als wissenschaftliche Phantasterei angesehen wurde. Schon in jungen Jahren hatte nun C. A. Bjerknes durch die zufällige Lektüre der Briefe von Leonhard Euler an eine deutsche Prinzessin die Anregung empfangen, daß es durchaus im Bereich der Möglichkeit liegen könne, Vorgänge in dem zwischen den Körpern liegenden Medium, dem Lichtäther, für diese Anziehung und Abstoßung verantwortlich zu machen, so daß nur der Eindruck einer unvermittelten Fernwirkung entsteht. Dieser Gedanke verließ ihn niemals und bildete die Triebkraft für seine wichtigste Lebensarbeit auf dem Gebiete der Hydrodynamik. Die Versuche, die er auf der elektrischen Ausstellung in Paris 1881 vorführte, waren die den Uneingeweihten allerdings verblüffenden experimentellen Bestätigungen der wichtigen Folgerungen, die er bei seinen eingehenden mathematisch-theoretischen Untersuchungen gefunden hatte. C. A. Bjerknes ist also ein Forscher, der mit Faraday und Maxwell in der gleichen Richtung arbeitete, wobei zu berücksichtigen ist, daß er bei den grundlegenden Arbeiten noch nicht die geringste Kenntnis von den Leistungen der beiden zuletzt genannten Forscher haben konnte. Die vorliegende Biographie ist also eine sehr verdienstvolle Arbeit, welche die Lebensarbeit eines hochbedeutenden Forschers in das rechte Licht rückt. Dabei ist die Darstellung ungemein fesselnd, weil in dem Buche nebenher dem Leser in sehr anziehender Form ein Einblick in das Ringen des kleinen, verarmten, unlängst erst selbständig gewordenen Norwegens um den Ausbau seiner kulturellen Einrichtungen vermittelt wird. Auch der äußere Lebensgang von C. A. Bjerknes wird jeden Leser des Buches lebhaft interessieren, denn an dem Beispiel seines Vaters zeigt derVerfasser auf, mit welcher ungeheueren Kraftvergeudung es hochbegabten jungen Leuten oft, und nament-

lich in dem damaligen Norwegen, möglich wurde, in die Lebensstellung einzurücken, in die sie hineingehörten. Reizende, nebenhergehende Schilderungen von Land und Leuten beleben das Buch. Besonders ist auch hervorzuheben, daß es dem Verfasser trotz Vermeidung jeder mathematischen Form gelingt, das wissenschaftliche Lebenswerk seines Vaters, an dessen Arbeit er jahrelang als Gehilfe teilgenommen hatte, auch dem Laien klarzumachen. Wer sich näher mit den Arbeiten von C. A. Bjerknes beschäftigen will, sei auf das zweibändige Werk „Vorlesungen über hydrodynamische Fernkräfte nach C. A. Bjerknes' Theorie" von V. Bjerknes (Leipzig 1900, 1902) und auf Nr. 195 von Ostwalds Klassikern der exakten Wissenschaften (C. A. Bjerknes, Hydrodynamische Fernkräfte. Übersetzt von A. Korn) hingewiesen. *Steindel.*

Werner von Siemens. Vortrag am 13. Oktober 1933 in der Elektrotechnischen Gesellschaft zu Nürnberg, von Hochschulprofessor Dr. Karl Stöckl, Regensburg. Sonderabdruck aus „Mitteilungen der technisch-wissenschaftlichen Vereine Nordbayerns", 1933/11.

Am 6. Dezember 1932 hatte der Naturwissenschaftliche Verein Regensburg in Erinnerung an das vor 40 Jahren erfolgte Hinscheiden von Werner von Siemens, des Vaters der modernen Elektrotechnik, den Versuch gemacht, weitere Kreise dafür zu gewinnen, es möchten die Vorarbeiten zur Aufstellung der Büste von Werner von Siemens in der Walhalla in Angriff genommen werden. Durch diese erste öffentliche Anregung, die der Regensburger Verein unternahm, sollte durchaus nicht den großen elektrotechnischen Verbänden vorgegriffen werden, die ja in erster Linie zur Stellung eines solchen Antrages berufen sind. Aber es war natürlich, daß die Regensburger, die ja den prächtigen Bau der Walhalla immer vor Augen haben, als erste an diese Form der Ehrung des großen Mannes dachten. Der vorliegende Vortrag, den Prof. Dr. K. Stöckl vor der elektrotechnischen Gesellschaft zu Nürnberg hielt, verfolgt nun den Zweck, die maßgebenden elektrotechnischen Persönlichkeiten für diesen Plan zu gewinnen. Die Absicht, die den Erbauer der Walhalla, König Ludwig I., leitete, kommt in den Worten zum Ausdruck: „Bestimmt für die Aufnahme der Büsten nur der bedeutendsten deutschen Männer, Heroen im Kriege und Rate, in Kunst und Wissenschaft, die Deutschlands hohen Ruhm in der Kultur- und Weltgeschichte begründet haben." Wenn man nun die Reihe der Gefeierten, deren Bildnisse oder Gedenktafeln Aufnahme in der Walhalla gefunden haben, durchmustert, so muß jedem Unbefangenen die spärliche Zahl der Meister der Technik auffallen, die einer solchen Auszeichnung für würdig befunden wurden; es wird nur der Erbauer des Straßburger Münsters, des Kölner Domes (obwohl dessen Name nicht bekannt ist) und des Erfinders der Taschenuhr, Peter Henleins, gedacht. Ein Vertreter der Geschichte der Technik, der die Walhalla 1920 besuchte, äußert sich in einem Aufsatz folgendermaßen: „Welch ein entsetzlich weltfremder Geist mag wohl über den Akten brüten, welche die Aufnahme von Erfindern und Technikern unter die Walhallgenossen behandeln, wenn nicht einmal einer der größten Physiker, der genialsten Erfinder, der erfolgreichsten Industriellen in Walhalla einziehen durfte. Werner von Siemens, der Erfinder der Dynamomaschine, die auf dem ganzen Erdenkreis in kaum übersehbarer Vielfältigkeit genutzt wird, hat bisher in Walhalla keinen Platz. ... Er war einer der größten Geister aller Zeiten, und sein Denken und Schaffen überragt — das wird kein Kenner der Gegenwart bestreiten können — eine lange Reihe von Männern und Frauen von Walhalla." Werner von Siemens hat Deutschlands Ruhm verbreitet bis an die Grenzen der Erde, vor allem durch seine großen Erfindungen und Entdeckungen. Seinem Bruder Wilhelm, der in jungen Jahren nach England ausgewandert war, hat man dort eine Ehrung erwiesen, wie sie nur den verdientesten Männern in England zuteil wird, man hat ihm ein kunstvoll ausgestaltetes Kirchenfenster in der Westminsterabtei gewidmet. Und Deutschland sollte zögern, seinem größeren Bruder diese höchste Anerkennung in der Walhalla zu zollen!

Wenn unsere Zeitschrift auf diesen glänzenden Vortrag von Prof. Stöckl hinweist, so tut sie es, um auch in ihrem Leserkreise für die in ihm zum Ausdruck gebrachte Absicht Interesse zu erwecken und für den höchst begrüßenswerten Gedanken zu werben. *Steindel.*

Astronomie. Tatsachen und Probleme. Von Oswald Thomas. Großoktav, 584 Seiten, 275 Zeichnungen und 38 Tiefdruckbilder auf 31 Tafeln. Graz-Wien-Leipzig-Berlin: Verlag „Das Berglandbuch". Deutsche Vereinsdruckerei A. G. Kart. RM 3,80; Ganzleinen RM 4,80.

Seit Diesterweg 1840 seine populäre Himmelskunde geschaffen und damit den Weg gewiesen hat, wie man ohne astronomische Instrumente durch eine planmäßige Beobachtung des gestirnten Himmels mindestens in die Grundlagen der erhabensten aller Wissenschaften einzudringen vermag, hat es an mehr oder minder gelungenen Versuchen ähnlicher Art nicht gefehlt und ist so eine Literatur der volkstümlichen Astronomie entstanden. Im Laufe der letzten Jahrzehnte sind umfassendere Neuerscheinungen dieser Art allerdings seltener geworden. Wie alle Naturwissenschaften hat auch die Himmelskunde im Laufe dieser Zeit, gestützt vor allem auf die Errungenschaften der Physik, sowie auf die Fortschritte im Bau astronomischer Instrumente und in der Himmelsphotographie, so gewaltige Fortschritte gemacht, daß die damit verbundenen Schwierigkeiten des Stoffes eine allgemein verständliche Darstellung fast unmöglich erscheinen lassen mußten. In dankenswerter Weise hat nun Prof. Oswald Thomas, der „Hausastronom" des Volksbildungshauses der „Wiener Urania", es unternommen, eine umfassende allgemeinverständliche und doch wissenschaftlich gut fundierte moderne Astronomie zu schaffen, und ist dieser

Versuch — um es gleich vorweg zu sagen — bestens gelungen. Der Verfasser, der zahlreiche astronomische Abende und Führungen der Wiener Urania zu veranstalten und durchzuführen Gelegenheit hatte, hat sich dabei, wie das Buch durchaus erkennen läßt, eine Meisterschaft in der Kunst wahrhaft volkstümlicher Darstellung erworben. Diese setzt ihn instand, auch schwierigen Aufgaben, wie z. B. Störungen und Dreikörperproblem, Stellarstatistik, Kosmogenie der Himmelskörper und ähnlichen Dingen näher zu treten, und gelingt es ihm, mindestens für die Grundlagen auch hier volles Verständnis zu erzielen. Zur Erreichung dieses Zweckes dienen dem Verfasser u. a. seine vielfach ganz neuartigen, mustergültig ausgeführten Zeichnungen, die oft beredter als es Worte vermöchten, selbst schwierigere Einzelheiten dem Verständnis des Lesers näherbringen. Daß vieles davon auch im Unterrichte an höheren Lehranstalten sehr nützliche Verwendung finden könnte, ist wohl selbstverständlich. Ein weiterer bemerkenswerter Vorzug des Werkes liegt darin, daß der Verfasser stets mit Erfolg bemüht ist, Verständnis und richtige Einschätzung für kosmische Entfernungen und Größen zu erwecken, wozu er oft ganz neue und beachtenswerte Wege einschlägt; auch davon kann so manches im Unterrichte nützlich verwertet werden. Dasselbe gilt von den vielen kleineren und größeren Tabellen des Werkes, die zahlreiche, oft sonst schwer beschaffbare Daten in sehr übersichtlicher Form enthalten.

Da nicht jeder Leser des Buches Gelegenheit haben dürfte, das Studium des durchaus klar und geradezu fesselnd geschriebenen Werkes — auch Streiflichter eines liebenswürdigen Humors blitzen gelegentlich auf — durch eigene Beobachtungen an einer Sternwarte zu vervollständigen, sind dem Buche auf 31 Tafeln 38 herrliche Tiefdruckbilder beigegeben, die in ausgezeichneter Wiedergabe astrophotographische Aufnahmen der berühmtesten Sternwarten des In- und Auslandes (unter anderem der amerikanischen Riesenobservatorien) bringen. Bilder der Sonne, des Mondes, der wichtigsten Planeten, Kometen, Sternhaufen, Nebelflecken u. a. sind in ähnlicher Vollkommenheit wohl kaum in ähnlichen Werken zu finden.

Der Inhalt des 584 Seiten umfassenden Werkes, das sich durch einen ungewöhnlich korrekten und sauberen gut lesbaren Druck hervorragend auszeichnet, zerfällt in vier Hauptabschnitte. Im ersten „sphärischen" Teile ist der Himmel eine Kugel, deren Drehung wir vom geozentrischen Standpunkt aus betrachten. Der zweite Teil behandelt die Astronomie des Erdballs und vollzieht sich darin in sozusagen unmerklicher Weise der Übergang vom Ptolemäischen zum Kopernikanischen Weltsystem. Der dritte Teil ist der Astronomie des Sonnensystems gewidmet, der vierte bringt die moderne stellare Astronomie, wobei auch die neuesten Forschungen und Theorien in sehr geschickter Weise besprochen werden.

Obwohl das Werk eine mathematische Behandlung des Gegenstandes grundsätzlich vermeidet, bringt der Verfasser doch an manchen Stellen einfache „Rechenbeispiele ohne Formeln", doch in so einfacher und klarer Darstellung, daß niemand dabei Schwierigkeiten finden wird. Wo der Verfasser nicht sicher ist, wie weit er Vorkenntnisse in der Physik und Mathematik voraussetzen darf, werden diese in ganz kurzer, aber stets gut verständlicher Weise erläutert. So bildet die Astronomie von Thomas einen zuverlässigen und liebenswürdigen Führer für alle Gebildeten, die den gegenwärtigen Stand der Himmelskunde kennenlernen wollen, ebenso für die studierende Jugend höherer Klassen und nicht zuletzt für die Lehrer der Naturwissenschaften, die vieles aus dem Buche in ihrem Unterrichte gerne benützen werden. Ganz besonders wertvoll erscheint das Buch für Volksbildungsinstitute, in denen Kurse für Himmelskunde vorgesehen sind. Darum wird dieses schöne und wertvolle Buch sicherlich weite Verbreitung finden, die es vollauf verdient und die auch dadurch sehr gefördert werden dürfte, daß das in jeder Hinsicht vornehm ausgestattete Buch sich durch einen sehr niedrigen Preis auszeichnet. *K. Rosenberg.*

Chemie und Mineralogie für die 4. Klasse der österreichischen Mittelschulen. Von Dr. Franz Hemmelmayr. 9. Auflage. 111 Seiten mit 69 Abbildungen und 2 farbigen Tafeln. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky A.G. 1932. Preis geb. RM 2,50.

Die für die Mittelstufe der Mittelschulen in Österreich bearbeitete Einführung in die Chemie und Mineralogie von Hemmelmayr ähnelt in der Anlage weitgehend den in in dieser Zeitschr. **46**, 227 und 228 (1933) besprochenen Lehrbüchern des gleichen Verfassers und ist mit denselben Mängeln und Vorzügen behaftet. Im Gegensatz zu ihnen ist diese Einführung aber methodisch aufgebaut, klar und einfach in der Darstellung und geschickt in der Stoffauswahl. Auch in der Mineralogie beschränkt sich der Verfasser auf das Allerwichtigste.

Dagegen ist zu beanstanden, daß auch in diesem Buche die Zahl der Versuche viel zu gering ist und Versuchsbeschreibungen fast ganz fehlen. Auch Ungenauigkeiten, ja Fehler in der Darstellung, sind nicht ausgemerzt worden. Schließlich wird eine neuzeitliche Schreibweise vermißt.

Im ganzen erscheint mir das vorliegende Lehrbuch für den Anfangsunterricht doch gut geeignet zu sein, besonders da die ganze Darbietung dem Verständnis der Schüler auf dieser Stufe gut angepaßt ist, was sich besonders in der allgemeinen Chemie bemerkbar macht. *Isberg.*

Lehrbuch der anorganischen Chemie für die 7. Klasse der österreichischen Realschulen. Von Dr. Franz Hemmelmayr und Dr. R. Rieder. 143 Seiten mit 21 Abbildungen und 2 Tabellen. Wien: Hölder-Pichler-Tempsky A.G. 1932. Preis geb. RM 3,05.

Im Gegensatz zu dem vorangehend besprochenen Buch ist die Ausgabe für die Oberstufe wieder systematisch aufgebaut, so daß von vornherein mit einer ganzen Reihe den Schülern

unbekannter Verbindungen zum Teil komplizierter Zusammensetzung gearbeitet wird. Auch die allgemeinen Teile lassen zu wünschen übrig. Die Atomtheorie ist z. B. nur sehr mäßig aufgebaut. Die Angabe der absoluten Größe der Atome, der elektrischen Elementarquanten u. a. m. erscheint mir überflüssig. Das Gesetz der multiplen Proportionen wird viel zu spät behandelt. Auch in diesem Buch ist die Zahl der Versuche viel zu gering; Versuchsbeschreibungen fehlen fast ganz. Die Querverbindungen zur Physik und Biologie sind gut ausgewählt, dagegen kommt die Technologie sehr kurz weg. Das Bildmaterial vermag gleichfalls nicht allen Anforderungen, die man an ein neuzeitliches Lehrbuch stellen muß, zu entsprechen. Leider haften auch diesem Buch eine ganze Reihe Ungenauigkeiten und mehrere Fehler an. In der Schreibweise sollte man die alte Bezeichnung —c— und —i— bei polyvalenten Elementen lieber durch die sich allgemein einbürgernde Angabe der Wertigkeit in römischen Ziffern nach dem Namen des Elements ersetzen.

Isberg.

Chemie für Mittelschulen. Von Meyer-Geilenkeuser. Gekürzte Ausgabe C. 123 Seiten, mit 76 Abbildungen im Text, einer Nahrungsmitteltafel, 180 theoretischen Aufgaben und 109 praktischen Übungen. Frankfurt a. M.: Moritz Diesterweg 1933. Preis RM 2,65.

Das Buch scheint seine Entstehung einem Mißverständnis zu verdanken, nämlich dem Mißverständnis über den Sinn und Zweck des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Schule. Es kann nicht die Aufgabe des Chemieunterrichts sein, Schülern ein krauses Durcheinander von chemischen Theorien und Tatsachen (richtigen und falschen) vorzusetzen und sie dann zu zwingen, dies alles auswendig zu lernen. Es kommt vielmehr darauf an, daß der Schüler lernt zu beobachten, aus seinen Beobachtungen richtige Schlüsse zu ziehen und dieses Schritt für Schritt an Hand von geeigneten Versuchen erarbeitete Wissen gedanklich zu verarbeiten. Erst dann, wenn bestimmte Gesetzmäßigkeiten erkannt sind, wird man sich an die chemischen Theorien schrittweise heranwagen.

In diesem „Lehrbuch", das für die 3. bis 1. Klasse der Mittelschulen, also für Schüler von etwa 14 bis 16 Jahren, geschrieben ist, erlauben sich die Verfasser gleich auf der dritten Seite eine Einführung in die „Atomhypothese und die chemische Formelsprache". Ich glaube nicht, daß auch nur einem Schüler an Hand des Buches der Unterschied zwischen einem Molekül und einem Atom wirklich klar wird, ganz abgesehen davon, daß er wahrscheinlich gar nicht einsehen wird, aus welchen Erfahrungen heraus man denn überhaupt diese Theorie aufgestellt hat.

Was ich sonst noch an dem Buch auszusetzen habe, ist folgendes:

1. Es enthält schon auf den ersten 20 Seiten, die einer sehr genauen Durchsicht unterzogen wurden, eine große Anzahl Fehler und Ungenauigkeiten.

2. Der Stoffinhalt geht viel zu weit, so daß es notwendig erscheint, bei der dadurch bedingten knappen Schreibweise ein ausführliches Lehrbuch heranzuziehen, wenn der Schüler verstehen soll, was die Verfasser des Buches gemeint haben.

3. Gefährliche Versuche sind zwar durch zwei vorgesetzte Sternchen kenntlich gemacht, es wird jedoch nicht angegeben, wie die Gefährlichkeit der betreffenden Versuche vermindert werden kann.

4. Die Verfasser haben eine merkwürdige Vorliebe für Fremdwörter, die durchaus entbehrlich wären (für lösen: absorbieren; für hindurchgehen: passieren usw.); außerdem werden die unentbehrlichen Fremdwörter nicht immer richtig abgeleitet (Hydrogenium ist z. B. kein lateinischer Name für Wassererzeuger).

5. In den Abbildungen sind häufig Buchstaben verwendet worden, die nirgends erläutert werden.

Es ließe sich noch manches aufzählen, jedoch wird das, was hier erwähnt ist, genügen, um das Buch zu kennzeichnen. *Scharf.*

Die Haupttatsachen der organischen Chemie. Von L. Vanino. 6. Auflage. 134 Seiten. Stuttgart: Ferdinand Enke 1933. Preis kart. RM 4,50.

Wie schon der Titel sagt, wird nur das Wesentlichste aus der organischen Chemie zur Sprache gebracht unter Vernachlässigung von Einzelheiten. Nach Körperklassen geordnet werden die einzelnen Verbindungen behandelt; auf genaue Beschreibung von Versuchen, technischen Vorgängen und Apparaturen wird bewußt verzichtet. Das Buch stellt also ein Repititorium dar, das wegen seiner Gediegenheit durchaus empfohlen werden kann. *Scharf.*

Lehrbuch der physikalischen Chemie. Von Dr. Karl Jellinek. 5 Bände. 4. Band, 12. Lieferung. Mit 16 Tabellen und 194 Textabbildungen. 1. und 2. Auflage. Stuttgart: Ferdinand Enke 1933. Preis geh. RM 26,—.

In dieser Lieferung wird die Lehre von den konzentrierten Mischungen fortgesetzt und beendet. Das Schlußkapitel behandelt die konzentrierten kristallisierten Mischungen, ihre physikalischen und chemischen Erscheinungen. Die Einteilung der Unterabschnitte entspricht völlig der Behandlung der konzentrierten Mischungen in der 11. Lieferung [vgl. die Besprechung in dieser Zeitschr. **46**, 230 (1933)]. Das sich anschließende 5. Buch des 4. Bandes enthält die Phasenlehre, die in 5 Abschnitte: Einstoffsysteme, Zweistoffsysteme, Dreistoffsysteme, Vierstoffsysteme und endlich Fünfstoff- und höhere Systeme eingeteilt ist. Eine große Zahl von Zustandsdiagrammen gibt einen guten Überblick über die Haupttypen und zeigt sehr anschaulich die Bedeutung der Methode der graphischen Darstellung in diesem für Chemiker, Mineralogen und Metallographen wichtigen Gebiete. Die klassischen Arbeiten von Gibbs und Roozeboom, die grundlegenden Untersuchungen von van't Hoff und besonders die von Tammann geben der Behandlung der Ein

und Zweistoffsysteme eine feste Grundlage. Bei den Drei- und Mehrstoffsystemen erfahren die Arbeit von Cribbens und die wundervollen Untersuchungen van't Hoffs über die Bildung und Spaltung von Doppelsalzen wie über die Bildung der ozeanischen Salzablagerungen, außerdem die Arbeiten Jaeneckes über die Methode der graphischen Darstellung von Dreistoffsystemen und über gesättigte Salzlösungen und die Doppelsalze eine vortreffliche Würdigung.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß das Jellineksche Handbuch mit dieser vorliegenden Fortsetzung seinen Ruf als eine hervorragende, umfassende und gut gesichtete Darstellung des Gebietes der physikalischen Chemie vollauf gewahrt hat. *Petzold.*

Unsere Lebensmittel und ihre Veränderungen. Mit einer Darstellung der Lehre von der Kochwissenschaft. Von W. Ziegelmayer. Mit 250 Versuchen für Kurse und Unterricht, 43 Abbildungen und 57 Tabellen. Dresden und Leipzig: Th. Steinkopff 1933. 322 Seiten. Preis geh. RM 10.—; geb. RM 11,20.

Das Buch stellt eine völlige Neubearbeitung der im Jahre 1919 erschienenen „Theorie und Praxis des Küchenbetriebes" von I. Roland dar. Seitdem hat sich vieles geändert, und es ist zu begrüßen, daß der Verfasser es unternommen hat, dieses Gebiet neu zu bearbeiten. Von dem ursprünglichen Buch ist wenig übriggeblieben, selbst die Einteilung ist eine ganz andere geworden. Das Hauptgewicht legt der Verfasser auf die Veränderungen der Lebensmittel. Über diese selbst bietet das Buch wenig. Veränderungen der Lebensmittel finden statt beim Lagern der Lebensmittel und beim Verarbeiten (Kochen, Konservieren). Der Vitamingehalt der Nahrungsmittel und sein Einfluß auf die menschliche Ernährung wird auf nur 2 Seiten des Buches behandelt mit der Begründung, daß die Versuche hierüber noch nicht abgeschlossen seien. Auch die Frage der Verdaulichkeit der Nahrungsmittel spielt in dem Buche nur eine untergeordnete Rolle, obgleich es heute doch als feststehend gelten kann, daß die Nahrungsmittel nur in sehr beschränktem Maße nach ihrem physikalisch ermittelten Verbrennungswerte zu bewerten sind. Die chemischen Veränderungen sind hingegen in einer solchen Ausführlichkeit behandelt, daß es für ein Buch, das „im hauswirtschaftlich-naturwissenschaftlichen Unterricht der Frauen-Akademien, der Fach- und Frauenschulen, der Diätlehrküchen an Krankenanstalten und Kliniken sowie in Institutskursen die Verbindung zwischen theoretischen Belehrungen und praktischer Anwendung herstellen soll", des Guten doch zu viel erscheint. Weniger wäre mehr gewesen. Als ein Nachteil des Buches muß es angesehen werden, daß eine große Zahl entbehrlicher Fremdwörter gebraucht wird. *Scharf.*

Anleitung zur Maßanalyse. Eine Einführung in die Elemente der Theorie und in das praktische Arbeiten für Studierende der Chemie und Pharmazie. Von F. Hölzl. Mit 6 Textabbildungen. VI und 141 Seiten. Leipzig und Wien: Franz Deuticke 1933. Preis kart. RM 4.—.

In dem kleinen Buch erscheinen in zusammengedrängter Form Theorie und praktische Ausführung der Maßanalyse. Das, was im theoretischen Teil gebracht wird, ist recht ausführlich, wenn auch jüngere, noch nicht abgeschlossene Gebiete nicht erwähnt werden (z. B. Ionenaktivitätstheorie, moderne Theorie der starken Elektrolyte). Die praktischen Anweisungen sind in die theoretischen Darstellungen eingestreut, so daß mitunter die Übersicht durch diese Art der Anordnung erschwert wird. Studierende und Lehrer, die sich ohne großen Zeit- und Geldaufwand über das unterrichten wollen, was auf dem Gebiete der Maßanalyse als gesichert gelten kann, werden mit Vorteil zu diesem Buch greifen. *Scharf.*

Glas- und keramische Filter im Laboratorium für Filtration, Gasverteilung, Dialyse, Extraktion. Von P. H. Prausnitz. Mit 199 Figuren. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1933. 193 Seiten. Preis brosch. RM 11,—, kart. RM 11,80.

Filter aus keramischem Material werden bereits seit langer Zeit in der chemischen Industrie mit Erfolg benutzt. In den letzten Jahren ist nun ein Filtermaterial auf dem Markt erschienen, das durch Zusammensintern von Glaskörnchen bestimmter Abmessungen zu porösen Platten hergestellt wird. Dieses Material hat weitgehende Anwendung im chemischen Laboratorium erfahren, und der Verfasser des vorliegenden Buches hatte in seiner Eigenschaft als wissenschaftlicher Mitarbeiter der Herstellungsfirma, des Jenaer Glaswerks Schott und Genossen, ausreichend Gelegenheit, die damit gemachten Erfahrungen kennenzulernen. Das Hauptgewicht wird also auf die Beschreibung der Glasfilter und ihrer verschiedenen Anwendungsformen gelegt; dabei werden Vergleiche mit anderen Filtermaterialien angestellt sowie mit Vorrichtungen, die den gleichen Zweck ohne Anwendung von Filtermaterialien erreichen wollen. Es werden eine Fülle von Originalarbeiten besprochen, und der Verfasser ist objektiv genug, daß er auch solche Arbeiten anführt, bei denen die Überlegenheit anderer Vorrichtungen gegenüber den Glasfiltergeräten festgestellt wurde.

Die Glasfilter werden benutzt: 1. bei der Trennung der Phasen flüssig-fest (gewöhnliche Art der Filtration); 2. bei der Trennung der Phasen fest-gasförmig (Staubfiltration); 3. bei der Behandlung von Flüssigkeiten mit Gasen (Gaswaschflaschen usw.); 4. a's Diaphragmen in Flüssigkeiten.

Das Buch ist übersichtlich eingeteilt und klar geschrieben; viele Literaturhinweise werden gegeben. Jedem im Laboratorium arbeitenden Chemiker wird das Buch willkommen sein. *Scharf.*

Forschung tut not. 6. Heft der Schriftenreihe „Der Geist meistert den Stoff". Herausgegeben vom Verband der Deutschen Hochschulen, von

der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften u. a. 36 Seiten mit 8 Abbildungen. Berlin: VDI-Verlag G. m. b. H. 1933. Preis RM 0,30 je Stück, bei Abnahme von 10 Stück und mehr RM 0,20 je Stück.

Das Heft zeigt in 12 Beiträgen aus der Feder hervorragender Vertreter der Wissenschaft, welche gewaltigen wirtschaftlichen Werte die deutsche Forschung durch Veredelung vorhandener und Entwicklung neuer Rohstoffe und Verfahren auf den verschiedensten Gebieten geschaffen hat, und welchen Segen sie weiterhin zu stiften vermag, wenn ihr ausreichende Arbeitsmöglichkeiten zu Gebote stehen. Der Inhalt setzt sich aus folgenden Beiträgen zusammen:

M. Planck, Berlin: Zum Geleit.

E. Abderhalden, Halle a. d. S.: Erweiterter Nahrungsraum.

C. Duisberg, Leverkusen: Im Zaubergarten der Farbenchemie.

W. Straub, München: Tausend Helfer des Arztes, die Arzneien.

R. O. Herzog, Berlin: Aus Zellstoff wird Seide.

F. Fischer, Mülheim a. d. R.: Energiespender und neue Rohstoffe.

A. Klages, Berlin: Die Kunstharze.

A. Vögler, Dortmund: Die Front des Eisens.

W. Guertler, Berlin: Der Aufstieg des Leichtmetalles.

L. Wappes, München: Veredeltes Holz.

R. Plank, Karlsruhe: Künstliche Kälte.

H. Holthusen, Hamburg: Wunder der Strahlentherapie.

Eine Empfehlung dieses Heftchens dürfte sich erübrigen. Es sei nur noch darauf hingewiesen, daß die Abhandlungen für das Verständnis weiter Kreise zugeschnitten sind, so daß älteren Schülern die Anschaffung dieses billigen Heftchens dringend geraten werden kann. *Scharf.*

The Discovery of the Elements. By Mary Elvira Weeks. Collected Reprints of a Series of Articles, published in the Journal of Chemical Education. 363 Seiten. Illustrations collected by F. B. Dains. Easton (Pennsylvania): Mac Printing Co. 1933. In Leinenband 2,00 $.

Das Vorwort des schönen und billigen Buches „Die Entdeckung der Elemente" behauptet nicht zu viel, daß die Nachrichten über diesen Teil der Chemiegeschichte bisher schwer zugänglich und weit verstreut waren in alten Zeitschriften, biographischen Nachschlagewerken, Briefen und veralteten Büchern, die selten von einem vielbeschäftigten Chemiker gelesen wurden. Hier ist das Gesamtgebiet zum erstenmal im Zusammenhang mit einfühlender Liebe, peinlicher Sorgfalt und ohne Voreingenommenheit behandelt worden. Frl. Prof. Weeks suchte die Wahrheit, sie hatte nicht die Absicht, den Ruhm dieses oder jenes Helden der Wissenschaft heller erstrahlen zu lassen und den eines anderen zu verdunkeln. Wiederholt haben zwei oder mehr Forscher dasselbe Element unabhängig voneinander gefunden, mehrfach ist ein neuer Grundstoff vorausgesagt worden, lange bevor er wirklich sicher nachgewiesen werden konnte; in solchen Fällen hat die Verfasserin die einzelnen bedeutsamen Schritte behutsam verfolgt, die zur Entdeckung geführt haben. Sie hat dabei alle die häufigen kleinlichen Streitereien vermieden, wem denn eigentlich der Hauptruhm gebühre.

Den einzelnen Kapiteln sind Geleitworte vorangestellt, von denen manches für die Wesensart des vorliegenden Buches bezeichnend ist, so das englisch und deutsch wiedergegebene Urteil Wilh. Ostwalds über Rob. Bunsen „So gab es für ihn nichts Kleines oder Großes in der Natur. Jede Erscheinung umfaßte ihm eine unbegrenzte Mannigfaltigkeit von Faktoren, und in der gelben Flamme einer gewöhnlichen Weingeistlampe, deren Docht mit Salz bestreut war, sah er die Möglichkeit, die chemische Analyse der fernsten Gestirne auszuführen." Oder der Ausspruch Lord Kelvins: „Peinlich genaues Messen scheint dem unwissenschaftlich Denkenden eine weniger wichtige und weniger erhabene Tätigkeit zu sein als das Ausschauen nach etwas Neuem. Fast alle großen wissenschaftlichen Entdeckungen sind jedoch der Lohn gewesen für genauestes Messen und für geduldige, langdauernde Arbeit im gewissenhaften Auswerten zahlenmäßiger Ergebnisse."

In wenigen kurzen Sätzen sind den Kapiteln die Inhaltsangabe und der Gedankengang vorausgeschickt. Zwei Beispiele dieser Art zeigen, was das Buch eigentlich enthält: „Die seltenen Erden sind untereinander so außerordentlich ähnlich und kommen in verwickelt gebauten Mineralien derart innig vergesellschaftet vor, daß es ungewöhnlich schwierig gewesen ist, sie zu trennen. Sie sind durch mühsames Aufarbeiten und sorgfältiges Zerlegen zweier Gemenge erhalten worden: der „Yttererde" Gadolins und der „Cererde" Klaproths, Berzelius' und Hisingers, die ursprünglich von ihren Entdeckern für reine Oxyde gehalten wurden. Die geduldigen Untersuchungen von Mosander, Delafontaine, Marignac, Cleve, Boisbaudran, Urbain, Charles James u. v. a. endeten schließlich mit dem Trennen der sog. „Yttererde" in die Oxyde, die jetzt als Oxyde des Yttriums, Terbiums, Erbiums, Ytterbiums, Lutetiums, Holmiums, Thuliums und Dysprosiums bekannt sind. Durch die beharrliche und geschickte Arbeit der Mosander, Marignac, Boisbaudran, Brauner, Auer von Welsbach, Demarçay, Hopkins u. a. ist die alte „Cererde" endlich in die Oxyde des Cers, Lanthans, Neodyms, Praseodyms, Samariums, Gadoliniums, Europiums und Illiniums aufgebrochen worden. Einige der seltenen Erdelemente sind noch niemals frei, unverbunden hergestellt worden, und die meisten von ihnen sind sogar in der Form ihrer Verbindungen außerordentlich selten und kostbar" (Kapitel XVI). „Als H. G. J. Moseley die einfache Beziehung entdeckte, die zwischen dem Röntgenspektrum eines Elementes und seiner Atomnummer besteht, da waren noch sieben Plätze der Tafel des periodischen Systems unausgefüllt. Die Elemente 43, 61, 72, 75, 85, 87 und 91 waren

noch aufzusuchen. Weil das Element 91 radioaktiv ist, war von ihm im Kapitel XIX die Rede. Bald, im Jahre 1923, zeigten Dirk Coster und Georg von Hevesy, daß das Element 72 oder Hafnium, wie es heute genannt wird, in der Natur weit verbreitet ist, aber wegen seiner vollkommenen Ähnlichkeit mit dem Zirkon der Beobachtung entging. Die Elemente 43 und 75, Masurium und Rhenium, wurden im Jahre 1925 von Walter und Ida Noddack gemeldet; das Rhenium ist jetzt im Handel zu haben. Das Element 61, das Illinium, wurde im Jahre 1926 von Hopkins, Harris und Yntema, außerdem unabhängig von ihnen von Cork, James and Fogg in den Vereinigten Staaten und von Rolla und Fernandes in Italien gefunden. Spuren der Elemente 85 und 87 sind mit dem magnet-optischen Verfahren von Allison und seinen Mitarbeitern bemerkt worden, die ihnen die Namen Alabamium und Virginium gaben. Es bleibt noch viel Forscherarbeit zu tun, um die Eigenschaften dieser Elemente festzustellen" (Kapitel XX).

Als Anhang besitzt jedes der 21 Kapitel ein ausführliches Quellenverzeichnis, in dem erfreulicherweise das deutsche Schrifttum ausgiebig und sehr genau berücksichtigt ist. Dieser Vorzug ist besonders hervorzuheben, weil viele amerikanische Bücher ihn nicht besitzen. In diesem Falle hat die Verfasserin wahrscheinlich dem deutschen Chemiehistoriker Max Speter viel zu verdanken, dessen Bild sie auf S. 341 wiedergibt.

Der Bilderschmuck des Buches ist ein überraschend reicher Schatz, den Prof. Dains (Universität Kansas) zusammengebracht hat. Auffallend viele Bilder beziehen sich auf Berzelius.

Manche Einzelheit, die wert ist, allgemein bekannt zu sein, charakterisiert den geschilderten Forscher in seinem Wesen besser als langatmige Aufsätze, so die Antwort, die [nach Franz Maria Feldhaus in der Chem.-Ztg. 52, 690 (1928)] Auer von Welsbach dem Kaiser Franz Joseph gab, als er ihm die Frage vorlegte: „Sie haben, wie ich höre, mit Ihren Erfindungen bedeutende Erfolge erzielt?" „Jawohl, Majestät, bis heute haben bereits über 40000 Menschen auf der ganzen Erde durch meine Erfindungen Arbeit gefunden." — Mit solchem Geiste paßt das Buch auch in die neue deutsche Zeit. Es verdiente wahrlich, ins Deutsche übersetzt zu werden. *R. Winderlich.*

Wilhelm August Lampadius, ein Vorgänger Liebigs. Ein Beitrag zur Geschichte des chemischen Hochschulunterrichts. Von Dr. Alfred Seifert. 95 Seiten und 1 Bildnis. Berlin: Verlag Chemie G. m. b. H. 1933. Preis kart. RM 4,—.

In der Einleitung stellt der Verfasser zunächst die Entwicklung des chemischen Unterrichts an der Bergakademie Freiberg i. Sa. von Rülein von Calbe (um 1500) über eine Reihe Zwischenstufen hinweg bis zu Lampadius' Amtsvorgängern J. F. Henckel und Ch. E. Gellert dar und zeigt, wie dieser Unterricht aus kleinsten Anfängen aus den Bedürfnissen der Praxis heraus entstanden ist und ganz allmählich auch zu einem experimentellen und praktischen Unterricht wurde, besonders seitdem 1765 die Freiberger Bergakademie gegründet worden war.

Der Verfasser zeichnet dann ein sehr plastisches Lebensbild des Gelehrten und Lehrers Lampadius, hebt seine wissenschaftlichen Verdienste um die Einführung der Gasbeleuchtung, der Rübenzuckerfabrikation u. a. m. hervor, weist auf seine Entdeckung des Schwefelkohlenstoffes und besonders auf seine wertvollen agrikulturchemischen Arbeiten hin. Unter ihm wurden die Vorlesungen zu Experimentalvorlesungen ausgebaut, und in den Kursen über analytische Chemie kam er zum ersten Male in größerem Rahmen der Forderung nach praktisch-chemischer Betätigung der Studierenden nach (1795). Durch eine Unterrichtsreform aus dem Jahre 1829 wird die praktische Betätigung noch stärker in den Vordergrund gestellt. Lampadius will die Chemie so allgemein wie möglich machen und hält daher auch Kurse für Laien, Landwirte, Hausfrauen usw. ab und schreibt eine ganze Reihe zum Teil auch allgemein verständlicher Werke, die, 290 an der Zahl, am Schluß der Schrift zusammengestellt sind. Es wird gezeigt, daß Freiberg einen großen Vorsprung vor anderen Hochschulen besaß, und versucht, zwischen Lampadius und Liebig Parallelen zu ziehen, die jedoch infolge gänzlich verschiedener Vorbedingungen nur sehr lückenhaft sind. Jedenfalls ist das Büchlein ein sehr interessanter und lesenswerter Beitrag zur Geschichte des chemischen Hochschulunterrichts. *Isberg.*

Einführung in die Mineralogie. Von Dr. Hans Lenk, Professor an der Universität Erlangen. XI und 352 Seiten. Berlin NW 7: Georg Stilke. Preis geb. RM 15.—.

Der Verfasser dieser Einleitung beabsichtigte, dem Universitätsstudierenden eine kurze und billige Einleitung in das mineralogische Fachstudium zu geben. Dem Referenten scheint dieses Vorhaben mißglückt zu sein. Eine Unmenge Stoff wird zum Teil recht oberflächlich und für den Leser nicht leicht verständlich auf 352 Seiten zusammengepreßt. Infolgedessen verliert der Leser jegliche Übersicht und auch die Lust, den einzelnen Zusammenhängen weiter nachzugehen. Hinzukommt, daß die grundlegenden neuen Ergebnisse der letzten drei Jahrzehnte entweder viel zu kurz oder unzureichend dargestellt sind, so daß wohl der Hauptteil einer jeden modernen Mineralogievorlesung in der Einleitung nicht nachgelesen werden kann. Aus diesem Grunde muß der Referent den Lesern dieser Zeitschrift von dem Buch in der vorliegenden Gestalt abraten. Die Kristalloptik, die physikalische Chemie der Mineralien, die moderne Kristallphysik und Kristallchemie sind hier sozusagen unter den Tisch gefallen oder für den heutigen Lehrer an der höheren Schule in einer unbrauchbaren Form dargestellt. In dem Bestreben des Verfassers, es dem Leser durch eine primitive Darstellung besonders leicht zu machen, liegt ein weiterer Grund seiner Unzweckmäßigkeit für die Selbstbelehrung der Lehrkräfte an den höheren Schulen. Die moderne Physik und Chemie

haben allgemein in den Naturwissenschaften zu einer exakteren und dabei verständlicheren und einfacheren Darstellungsweise geführt, als sie das Buch aufweist. In der heutigen Mineralogie ist ebenso wie in den übrigen Naturwissenschaften sonst eine flüssigere Darstellungsweise üblich, wie man leicht aus den nicht viel teureren Lehrbüchern von Tschermak-Becke oder Niggli oder Klockmann ersehen kann. Diese oder das besonders für den Lehrer an der höheren Schule sehr zu empfehlende Lehrbuch von B. Gossner (Verlag F. Brandstetter, Leipzig 1924) verlangen allerdings auch die Kenntnisse der Grundlagen der modernen Chemie und Physik, ohne die es eben nicht möglich ist, Mineralogie zu treiben. Eine weitere, vollkommen unnötige Schwierigkeit, die nebenbei noch erwähnt sei, bringt der Verfasser durch seine Art der Behandlung der geometrischen Kristallographie hinein. Für moderne Begriffe nimmt die geometrische Kristallographie in dieser Einleitung einen viel zu großen Raum ein. Dabei wird sie nach einer vor 40 Jahren vielleicht angebrachten Methodik vorgetragen, so daß für den Leser von heute die Darstellungsweise ungewohnt und schwerfällig erscheint. Alle diese Gründe zwingen, die Einleitung von Lenk unbedingt für den Gebrauch des Studierenden und Laien abzulehnen. Anders ist die Sachlage für den Museumskustos oder den in der wissenschaftlichen Forschung Stehenden. Für den Mineralogen von heutzutage wird es selten klar zum Ausdruck gebracht, welche Kluft zwischen der vorigen und der heutigen Generation besteht. Man sieht an jeder Zeile, wie sich der Verfasser bemüht, der Gegenwart gerecht werden zu wollen, und wie es eben nicht geht. Der Mineraloge von ehedem stand wirklich so vereinsamt inmitten der übrigen Naturwissenschaft, wie sich der Laie noch immer den Mineralogen vorstellt. Daß vielfach enge Bande Mineralogie mit Chemie und Physik verknüpfen und auch diese Wissenschaften zur Teilnahme am Schaffen des Mineralogen zwingen, müßte noch viel mehr und immer wieder betont werden. Das Lenksche Buch weist sozusagen auf diese noch bestehenden Lücken hin und ist mehr oder minder eine Aufforderung zur Darstellung dieser Grenzgebiete für den Laien und Studierenden. Für diejenigen Lehrer, die alte Sammlungen instand zu halten haben, sei das Lenksche Buch als gute Übersicht über zahlreiche heutzutage nicht mehr gebräuchliche Bezeichnungen empfohlen.

An sich ist zu bedauern, daß dieser Versuch derartig mißlungen ist, weil es in der Tat an einer kurzen, brauchbaren Einleitung in die Mineralogie fehlt. Außer den bereits genannten Lehrbüchern kann man für die erste Übersicht, jedoch nicht für Studienzwecke (Fehler im Buch), die Einführungen von v. Wolff und von Ramdohr benennen. Das Buch von v. Wolff ist erschienen in der Sammlung „Wissenschaft und Bildung" (Quelle & Meyer), das von Ramdohr in der Sammlung Göschen. Beide nennen sich Einführung in die Mineralogie. *E. Herlinger.*

Bildwort - Englisch. Technische Sprachheftreihe. Herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Heft 8: „Chemical Engineering". Berlin: VDI-Verlag G. m. b. H. 1933. DIN A 5, IV/33 S, mit 25 Abbildungen, außerdem mit einem 4 Seiten umfassenden herausklappbaren Wörterverzeichnis. Broschiert RM 1,50; Partiepreis bei geschlossener Abnahme von 25 Exemplaren je RM 1,25.

Ingenieure, lernt Englisch! Unter diesem Motto ist der Verein deutscher Ingenieure bereits seit Jahren für die Erlernung der englischen Sprache in deutschen Ingenieurkreisen eingetreten. Um sich jedoch im technischen Englisch auskennen zu können, genügen allgemeine englische Sprachkenntnisse noch nicht. Man muß den reichen Schatz englischer Fachausdrücke beherrschen; man muß z. B. wissen, daß „brace" Strebe heißt und daß unter „brake" eine Bremse zu verstehen ist.

Diese Zusammenhänge veranlaßten den Verein, englische Sprachhefte herauszugeben, die auf der „Sprache des Ingenieurs", der technischen Zeichnung aufgebaut sind. Nunmehr liegt schon das achte Heft dieser neuartigen „Sprachlehre" vor: „Chemical Engineering" betitelt es sich. Früher erschienen (etwa in gleichem Umfang und ähnlicher Ausstattung) Heft 1, Power; Heft 2, Electricity; Heft 3, Tools and Machine Tools; Heft 4, Transportation; Heft 5, Engineering Materials; Heft 6, Cable and Wireless Communication; Heft 7, Civil Engineering. Außerdem sind noch geplant: Heft 9, Machine Parts; Heft 10, Management; Heft 11, Vocabulary. Das neue Heft enthält etwa 250 verschiedene Bezeichnungen dieses speziellen Arbeitsgebietes, die in die 25 Abbildungen eingetragen und, soweit sie sich an Bildern nicht darstellen lassen, durch einen der Struktur des genannten Stoffgebietes entsprechenden Text miteinander verbunden sind. Der Text enthält weitere 250 Fachwörter, und im Anhang sind von den benutzten technischen Ausdrücken rund 400 in einem englisch-deutschen Wörterbuch zusammengetragen. Da Originaltexte besser als Übersetzungen in die Eigenart der Fremdsprache einführen, sind die Begleittexte vorwiegend englischen und amerikanischen Büchern und Zeitschriften entnommen, wie auch ein am Schluß enthaltener Quellennachweis aufzeigt. Gleich den früher erschienenen Sprachheften will auch das vorliegende Heft 8 „Chemical Engineering" nicht eine lückenlose Darstellung des behandelten Arbeitsgebietes geben oder über den neuesten Stand der Technik darin berichten; die Auswahl von Text und Bildern ist vielmehr vorgenommen nach dem Grundsatz, in leicht verständlicher Art auf kleinem Raum eine möglichst große Anzahl technischer Fachausdrücke dieses technischen Spezialfaches zu bringen. Die kleine Schrift wird sich auch dazu eignen, dem Schüler der oberen Klassen zu zeigen, in welcher Weise er später gezwungen sein wird, seine englischen Sprachkenntnisse während des Studiums und im Beruf anzuwenden.

Scharf.

Himmelserscheinungen im Juli und August 1934.

W.Z.: Welt-Zeit = Bürgerliche Zeit Greenwich. 0h W.Z. = Mitternacht Bürgerliche Zeit Greenwich. Stundenzählung von 0h bis 24h. M.E.Z. = Mitteleuropäische Zeit = W.Z. + 1h.

0h W.Z.	Sonne ☉				Merkur ☿		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
	AR.	Dekl.	Zeitgl.[1]	Sternzeit[2]	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.	AR.	Dekl.
1934	h m	°	m s	h m s	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°	h m	°
Juni 30	06 33	+23,2	+ 3 15	18 29 29	07 41	+18,8	04 01	+18,7	05 13	+23,4	12 53	−4,2	22 02	−13,5
Juli 5	06 53	+22,9	+ 4 12	18 49 12	07 34	+17,9	04 25	+19,9	05 28	+23,6	12 54	−4,4	22 01	−13,6
„ 10	07 14	+22,4	+ 5 01	19 08 55	07 21	+17,4	04 50	+21,0	05 43	+23,8	12 55	−4,6	22 00	−13,7
„ 15	07 34	+21,7	+ 5 41	19 28 38	07 09	+17,6	05 15	+21,7	05 57	+24,0	12 57	−4,7	21 59	−13,8
„ 20	07 54	+20,8	+ 6 08	19 48 20	07 00	+18,2	05 41	+22,3	06 12	+24,0	12 59	−5,0	21 58	−13,9
„ 25	08 14	+19,9	+ 6 21	20 08 03	07 01	+19,1	06 06	+22,6	06 27	+23,9	13 01	−5,2	21 57	−14,0
„ 30	08 34	+18,7	+ 6 19	20 27 46	07 12	+20,1	06 32	+22,6	06 41	+23,8	13 03	−5,4	21 56	−14,1
Aug. 4	08 54	+17,5	+ 6 03	20 47 29	07 34	+20,6	06 58	+22,4	06 56	+23,5	13 06	−5,7	21 55	−14,2
„ 9	09 13	+16,1	+ 5 31	21 07 12	08 05	+20,5	07 24	+21,9	07 10	+23,2	13 08	−6,0	21 53	−14,4
„ 14	09 32	+14,7	+ 4 46	21 26 54	08 42	+19,3	07 50	+21,1	07 24	+22,9	13 11	−6,3	21 52	−14,5
„ 19	09 50	+13,1	+ 3 46	21 46 37	09 23	+17,0	08 16	+20,1	07 38	+22,4	13 14	−6,6	21 50	−14,6
„ 24	10 09	+11,4	+ 2 34	22 06 20	10 03	+13,9	08 41	+18,9	07 52	+21,9	13 17	−7,0	21 49	−14,8
„ 29	10 27	+ 9,7	+ 1 10	22 26 03	10 40	+10,3	09 06	+17,4	08 05	+21,3	13 21	−7,3	21 47	−14,9
Sept. 3	10 45	+ 7,9	− 0 22	22 45 46	11 14	+ 6,4	09 31	+15,7	08 19	+20,7	13 24	−7,7	21 46	−15,0

[1] Zeitgleichung = mittlere Sonnenzeit, − wahre Sonnenzeit.
[2] Die Korrektion der Sternzeit für einen Ort λ° östlich bzw. westlich von Greenwich ist $\mp 0^s.657 \cdot \lambda^\circ$.

Auf- und Untergänge des oberen Randes der Sonne und des Mondes in mittlerer Ortszeit.
Breite von Berlin (+ 52,5°), Länge von Stargard (15° östlich von Greenwich).

	Sonne		Mond			Sonne		Mond			Sonne		Mond	
	Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.		Aufg.	Unterg.	Aufg.	Unterg.
1934	h m	h m	h m	h m	1934	h m	h m	h m	h m	1934	h m	h m	h m	h m
Juni 30	03 40	20 27	22 26	07 47	Juli 25	04 07	20 04	19 42	02 03	Aug. 19	04 47	19 19	15 47	22 27
Juli 5	03 43	20 25	23 37	14 45	„ 30	04 15	19 57	21 11	09 43	„ 24	04 56	19 08	18 51	04 09
„ 10	03 48	20 21	02 01	20 00	Aug. 4	04 23	19 48	23 06	16 14	„ 29	05 04	18 57	20 06	11 29
„ 15	03 54	20 17	07 50	21 36	„ 9	04 31	19 39	03 14	19 17	Sept. 3	05 12	18 46	23 51	16 36
„ 20	04 00	20 11	14 03	22 40	„ 14	04 39	19 27	09 14	20 16					

Mondphasen 1934 W.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
				Juli 3. 20h 27,9m
	Juli 11. 17h 05,9m	Juli 19. 18h 52,9m	Juli 26. 12h 08,6m	Aug. 2. 06h 26,9m
	Aug. 10. 08h 45,6m	Aug. 18. 04h 32,9m	Aug. 24. 19h 36,7m	„ 31. 19h 39,9m

Verfinsterungen der Jupitertrabanten in W.Z. (E = Eintritt, A = Austritt.)

I			II			III		
1934	h	m	1934	h	m	1934	h	m
Juli 15.	20	02,7 A	Juli 12.	21	00,7 A	Juli 22.	20	48,7 E
Aug. 23.	18	35,6 A	„ 19.	21	11,2 E	Aug. 27.	18	49,3 A

Aufgang (A) und Untergang (U) der Planeten. Breite von Berlin, Zeitangaben in mittlerer Ortszeit.

	Merkur ☿		Venus ♀		Mars ♂		Jupiter ♃		Saturn ♄	
1934	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Juni 30	A 5,3	U 21,0	A 1,7	U 17,3	A 2,3	U 19,1	A 12,6	U 00,0	A 22,7	U 8,4
Juli 10	A 4,5	U 19,8	A 1,6	U 17,8	A 2,1	U 19,0	A 12,1	U 23,4	A 22,1	U 7,7
„ 20	A 3,4	U 18,9	A 1,6	U 18,1	A 1,9	U 18,8	A 11,5	U 22,8	A 21,4	U 7,0
„ 30	A 2,8	U 18,7	A 1,8	U 18,4	A 1,8	U 18,6	A 11,0	U 22,1	A 20,7	U 6,3
Aug. 9	A 3,0	U 19,0	A 2,1	U 18,5	A 1,7	U 18,4	A 10,4	U 21,5	A 20,1	U 5,5
„ 19	A 4,0	U 19,3	A 2,5	U 18,5	A 1,6	U 18,1	A 9,9	U 20,9	A 19,2	U 4,8
„ 29	A 5,3	U 19,2	A 3,0	U 18,4	A 1,5	U 17,8	A 9,5	U 20,3	A 18,6	U 4,0

Merkur: Juli 11, innere Konjunktion; Juli 22, stationär; Juli 31, größte westliche Elongation, 19°; August 26, äußere Konjunktion. — **Saturn:** August 18, Opposition zur Sonne. — **Mondfinsternis:** Juli 26, in Deutschland unsichtbar. — **Sonnenfinsternis:** August 10, in Deutschland unsichtbar. — Juli 5, 19h: Erde in Sonnenferne.

S. Janß.

Für die Redaktion verantwortlich: Ministerialrat Professor Dr. K. Metzner, Berlin W. 8.
Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung gestattet.
Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz A.G., Würzburg.